

2. Ерофеев А. В., Катков В. Л., Макаров К. М., Матерук А. Ю., Степанов В. П. ДИГФОР: пакет программ на ФОРТРАНе для работы с графическим дисплеем ЕС-7064.— В кн.: Вычислительные системы. Вып. 71. Новосибирск, изд. ИМ СО АН СССР, 1977.
3. Катков В. Л., Степанов В. П. Система монтажа магнитофильмов.— В кн.: Вычислительные системы. Вып. 71. Новосибирск, изд. ИМ СО АН СССР, 1977.

Поступила в редакцию 21 февраля 1978 г.

УДК 681.3.068

В. И. ФИШЕЛЕВ

(Новосибирск)

УСИДО — МЕТАСИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИАЛоговых ГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Введение. Одно из важных направлений в машинной графике — создание систем, предназначенных для решения задач, оперирующих двумерными объектами типа схем. К особенностям графических рисунков такого типа относятся наличие значительного количества повторяющихся объектов (элементов рисунка или его частей) и большие размеры рисунка. С указанными изображениями работают задачи проектирования, расчета и оптимизации электронных схем; создания и корректировки блок-схем программ; расчета сетевых графиков, кинематических схем, схем трубопроводов и т. д. Графические системы, обеспечивающие решение данных задач, делятся на два класса.

К первому классу относятся специализированные системы, предназначенные для решения конкретной задачи [1, 2]. Эти системы отличаются хорошим быстродействием и быстрым временем ответа, богатыми графическими возможностями и удобством в использовании. Однако уже при небольшом изменении характера задачи или объектов, которыми оперирует задача, систему приходится значительно переделывать, перепрограммируя ее блоки.

Ко второму классу относятся универсальные системы, предназначенные для решения широкого круга задач, работающих с двумерными объектами [3—5]. Хотя по быстродействию они и уступают специализированным системам, но разноплановость задач, решаемых данными системами, дает больший эффект, нежели недостатки, присущие этим системам.

УСИДО можно отнести ко второму классу графических систем, так как она предназначена для широкого класса задач. Однако особенность УСИДО состоит в том, что это не просто система, а метасистема, используя которую программист-прикладник может построить диалоговую графическую систему для решения конкретной задачи. При этом ему не нужно программировать графические и диалоговые блоки системы, а только блоки, отвечающие за расчетную часть задачи. Это значительно облегчает и ускоряет создание графических систем, так как расчетные программы, как правило, бывают написаны еще до создания системы проектирования.

Поскольку для диалоговых графических систем один из основных критериев эффективности — время ответа, а сами системы велики по объему и часто используют для хранения информации внешнюю память, то значительную пользу приносит предварительное моделирование создаваемых систем, проведенное, в частности, для УСИДО.

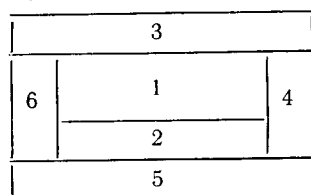
По результатам моделирования была выбрана резидентная часть системы и определены места хранения различной информации. На модели удалось выявить критические места системы и получить предполагаемое время ответа [6].

Структура графических данных. Основным объектом, над которым работает пользователь в системах, созданных с помощью УСИДО, является картина. Все операции редактирования — стирание, добавление, поворот, масштабирование, передвижение — совершаются над картинами или их частями. Картина становится подкартиной, когда она включается в виде части в другую картину. Представление картины как иерархической структуры образов дает возможность пользователю оперировать как целой картиной, так и ее отдельными частями, что особенно удобно при построении сложных изображений. Представлением картины в ЭВМ является иерархическая структура данных [7—9]. Любое изменение картины вызывает изменение структуры данных, поэтому блок обработки данных в графических системах — один из основных.

В УСИДО используется графическая структура данных, учитывающая особенности двумерных объектов, с которыми работает система [10, 11]. Для сопоставления картин с участками дисплейного файла в буфере дисплея введены таблицы соответствия. Они позволяют быстро идентифицировать в структуре данных объект, на который пользователь указал световым пером.

Поскольку память ЭВМ, отводимая под структуру данных, имеет небольшой объем, в системе предусмотрено программное продолжение этой памяти на барабаны. При построении и редактировании картин запрос и отказ от памяти происходит блоками различной длины. Как только структура в процессе работы вырастает до таких пределов, что она не помещается в оперативной памяти ЭВМ, включается механизм откачки, обеспечивающий перенос части структуры на барабан. Перед проектированием УСИДО были промоделированы различные алгоритмы управления памятью при работе со структурой данных и выбран оптимальный для решаемого класса задач [12].

Для работы с пользователем экран дисплея делится на шесть частей:



В области 1 строятся картины и осуществляется их модификация. Границы области постоянны, за исключением нижней, которая может перемещаться по желанию пользователя. Область 1 является «окном», через которое на большом листе наблюдаются или конструируются изображения.

Область 2 предназначена для вывода графических результатов счета, если они предусмотрены в системе.

В области 3 УСИДО выдает пользователю различные информационные сообщения. В этой же области осуществляется ввод параметров с алфавитно-цифровой клавиатуры.

В области 4 располагается набор световых кнопок — меню, с помощью которого пользователь управляет системой.

Тем же целям служит и область 6, в которой изображаются номера и смысловые значения функциональных клавиш, доступных пользователю в каждый момент времени.

Стандартные графические элементы, с помощью которых пользователь строит картины, располагаются в области 5. Поскольку таких элементов может быть достаточно много, то они разбиваются на листы, каждый из которых помещается в области 5.

С помощью УСИДО создаются отдельные подсистемы специального применения. Библиотека подсистемы состоит: из набора

подпрограмм, входящих в подсистему и не входящих в УСИДО; списка листов со стандартными графическими элементами; списка состояний подсистемы; таблицы стандартных графических элементов и таблицы ограничений для связей, используемых в данной подсистеме. Вся библиотека создается программистом-прикладником. При инициализации подсистемы УСИДО по этой библиотеке формирует требуемую конфигурацию подсистемы и записывает ее в быструю внешнюю память (на барабаны и диски).

Каждый пользователь имеет в своем распоряжении два архива.

Временный архив предназначен для запоминания отдельных картин с целью дальнейшего воспроизведения их в других местах листа, с которым работает пользователь. Он расположен в быстрой внешней памяти и сохраняется только в течение одного сеанса.

В постоянном архиве пользователь хранит информацию, которая может ему понадобиться и в других сеансах. В нем могут храниться листы со стандартными графическими элементами, созданными пользователем; временные архивы; листы с изображениями, сконструированными пользователем. Постоянный архив располагается на магнитной ленте. Архив предусматривает защиту информации по имени пользователя.

Организация УСИДО. УСИДО состоит из восьми блоков: инициализации, монитора, блока управления структурой данных, блока построения стандартных графических элементов, блока рисования, блока архива, блока программиста-прикладника, блока связи с графическими устройствами.

Блок инициализации обеспечивает первоначальную инициализацию УСИДО и создает конфигурацию подсистемы, вызванную пользователем. Если работает программист-прикладник, то для него создается специальная конфигурация.

Монитор обеспечивает диалог пользователя с системой, подкачку нерезидентов в память ЭВМ и сбор статистики. УСИДО состоит из большого набора процедур, которые не помещаются в оперативной памяти ЭВМ. Наиболее часто используемые процедуры организованы в резидентный блок, а остальные — в нерезидентные, которые размещаются на барабанах. Подкачка нерезидентов ведется листами.

Блок управления структурой данных обеспечивает все действия со структурой данных и памятью, которые необходимы при работе пользователя с картинками. В него входят выделение блоков памяти под вновь создаваемые элементы изображения, отказ от памяти при стирании этих элементов, изменение связей и информации в блоках структуры картин (объединение картин, включение одной картины в другую, исключение подкартины из картины).

Блок построения стандартных графических элементов обеспечивает средства для рисования графических элементов. Графический элемент строится в области 1 с помощью графических примитивов (точки, линии, текста, окружности, дуги окружности, эллипса). После окончания построения графический элемент записывается в лист стандартных графических элементов в область 5 и используется в дальнейшем при построении изображений.

Блок рисования — основной блок в УСИДО. Он представляет пользователю средства для построения двумерных структурированных изображений. Все построение изображения осуществляется на листе, размеры которого задаются пользователем. Область 1 экрана дисплея может перемещаться по листу как окно, через которое строится и наблюдается кусок изображения. Каждая конструируемая картина имеет буквенно-цифровое имя, идентифицирующее ее. При построении картины используются линии, точки, тексты, стандартные графические элементы, ранее созданные картины. С картинками можно производить

такие манипуляции, как поворот, масштабирование относительно начала картины, сдвиг. Любая картина может быть скопирована в заданной точке листа. Картины могут быть соединены в одну, включены в другую картину и, наоборот, исключены из картины. Все эти возможности обеспечивают пользователю создание любого двумерного изображения.

Блок архива позволяет записывать, удалять и заменять конструкции, которые могут храниться в постоянном и временном архивах.

Блок программист-прикладника обычного пользователя не используется. С его помощью программист-прикладник создает библиотеку новой подсистемы или корректирует старую. При создании новой подсистемы в нее сначала включаются все графические и диалоговые средства, которыми обладает УСИДО. Затем уже программист-прикладник может исключить ненужные в данной подсистеме средства и пополнить новыми. Для конструирования системы имеются следующие возможности.

Во-первых, возможность создавать набор листов со стандартными графическими элементами. Если блок построения графических элементов обеспечивает создание временных листов, доступных только одному пользователю, то здесь листы постоянно присутствуют в системе и с ними работает любой пользователь, вызвавший данную систему. Средства построения графических элементов такие же, как и в блоке построения стандартных графических элементов.

Во-вторых, в создаваемую систему можно включать новые программы. При этом программист-прикладник указывает ее имя, адрес, с которого она должна размещаться в оперативной памяти ЭВМ, длину и место, откуда можно взять эту программу (ввод с перфокарт, считывание с магнитной ленты). При этом программа уже должна быть оттранслирована и иметь вид процедуры, аналогичной процедурам, из которых состоит УСИДО. Работу с такими программами обеспечивает тот же механизм подкачки, который используется для нерезидентных блоков УСИДО.

В-третьих, в систему можно дополнительно включать или исключать световые кнопки, функциональные клавиши, команды с алфавитно-цифровой клавиатуры и другую информацию, относящуюся к диалогу с пользователем. Все новые диалоговые команды должны быть обеспечены соответствующими процедурами, которые могут выполнять эти команды, и включены в систему также с помощью блока программиста-прикладника.

В-четвертых, программист-прикладник может ввести в систему новые связи между точками (например, у двух точек одинаковые координаты по x или y , постоянное расстояние между точками, соединение точек пунктирной линией и т. п.). Для этого необходимо скорректировать таблицу ограничений и ввести программы, обеспечивающие эти связи.

Блок связи с графическими устройствами обеспечивает вывод созданных пользователем изображений на регистрирующие устройства (графопостроитель и устройство микрофильмирования).

Диалог и его организация. Работа пользователя с УСИДО ведется по диаграмме состояний [13, 14]. Каждое состояние определяет набор средств и директив, доступных пользователю в данный момент времени. После выполнения команды, заданной пользователем, система переходит в состояние, являющееся состоянием перехода для данной команды. Таким образом, диаграмма состояний представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются сами состояния, а дугами — переходы из одного состояния в другое вместе с процедурами, выполняемыми при этом переходе. Отличие диаграммы состояний в УСИДО от классических диаграмм состоит в том, что в классических диаграммах любое выполненное действие автоматически влечет за

собой переход в состояние, в котором имеются директивы, являющиеся продолжением этого действия. В УСИДО невозможно было придерживаться такой стратегии, так как это повлекло бы за собой значительное увеличение числа состояний. Поэтому было принято решение объединить в одном состоянии действия, имеющие одноплановый характер, и ввести специальные директивы перехода в требуемое состояние. Это затрудняет пользователя, однако после нескольких сеансов работы с системой он привыкает к такой работе.

Как уже указывалось выше, диалог пользователя с системой обеспечивает монитор. Он обрабатывает все прерывания, поступившие от дисплея (это могут быть прерывания от светового пера, джойстика или функциональной клавиши), определяет, какое действие задал пользователь, и запускает подпрограмму, выполняющую заданную директиву. После окончания работы подпрограммы монитор переводит систему в состояние, указанное как состояние перехода для данной директивы.

Заключение. УСИДО реализована на ЭВМ БЭСМ-6 с графическим дисплеем ЕС-7064 и графопостроителем ЕС-7051 и с операционной системой, созданной в Институте прикладной математики АН СССР [15]. В реализации принимали участие Г. А. Панкеев и О. В. Гартман. УСИДО написана на системном языке высокого уровня для БЭСМ-6 (ЯРМО) [16]. Объем системы составил 52 К слов БЭСМ-6. Время реакции системы в основном менее 10 с, за исключением некоторых директив, что связано с особенностями операционной системы и ЯРМО.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Bracchi G., Somalvico M.** An interactive software system for computer-aided design: an application circuit project.—“Commun. of the ACM”, 1970, vol. 13, N 9, p. 537—551.
2. **Muller Mc. Ch. W.** Use of interactive computer graphics in EM fields courses.—“IEEE Trans. Education”, 1974, vol. 17, N 2, p. 42—51.
3. **Belady L. A., Blasgen M. W., Evangelisti C. T., Tennison R. D.** Computer graphics system for block diagram problems.—“IBM Syst. J.”, 1971, vol. 10, N 2, p. 143—161.
4. **Morse S. P.** Interactive graphic system for modeling symbolic networks.—“Computer Design”, 1973, vol. 12, N 2, p. 32—44.
5. **Wiseman N. E., Cheney C. T., Etherton M., Hiles T. O., Lemke H. U.** RAINBOW — a-multi-purpose CAD system.—“Software-Practice and Experience”, 1972, vol. 2, p. 359—575.
6. **Катков В. Л., Окольнішников В. В., Резниченко Л. Л., Степанов В. П., Фишелев В. И.** Имитационное моделирование систем машинной графики. М., изд. ИТМ и ВТ АН СССР, 1977.
7. **Василевский А. В., Злотник Е. М., Винокуров Д. И.** Способы организации данных в интерактивных графических системах.— В кн.: Вычислительная техника в машиностроении. Минск, изд. Ин-та техн. кибернетики АН БССР, 1973.
8. **Van Dam A., Evans D.** A compact data structure for storing, retrieving and manipulating line drawing.—“AFIPS Conference Proc.”, 1967, STCC, vol. 30, p. 601—610.
9. **Williams R.** A survey of data structures for computing graphics systems.—“Computing Surveys”, 1971, vol. 3, N 1, p. 3—21.
10. **Marshall D. Abrams.** Data structures for computer graphics.—“SIGPLAN Notices”, 1971, vol. 6, N 2, p. 37—62.
11. **Etherton M.** Data structures for a network design system.—“The Computer J.”, 1971, vol. 14, N 4, p. 36—53.
12. **Катков В. Л., Фишелев В. И.** Выбор алгоритма управления памятью с помощью моделирования.—«Программирование», 1975, № 5, с. 56—63.
13. **Newman W. M. P.** System for interactive graphical programming.—“AFIP Conference Proc.”, 1968, STCC, vol. 34, p. 47—54.
14. **Boalier P., Gros T., Tancene P., Lemaire A.** METAVISU-general purpose graphic system “graphic languages”.—“Proc. of the IFIP Working Conference on Graphic Languages”. Amsterdam, North Hall end, 1972, p. 36—58.
15. **Крюков В. А., Моклашин О. А., Малахова-Камартан К. К.** Инструкция по использованию операционной системы ОС ИПМ. М., изд. ИПМ АН СССР, 1975.
16. **Гололобов В. И., Чеблаков Б. Г., Чинин Г. Д.** Машинно-ориентированный язык высокого уровня для ЭВМ БЭСМ-6.— В кн.: Развитие программного обеспечения БЭСМ-6. М., 1975.

Поступила в редакцию 21 февраля 1978 г.