

принадлежат предыдущему полукадру, устройство включает в себя видеобuffer, откуда извлекаются доноры предыдущего полукадра и где накапливаются потенциальные доноры для последующего полукадра.

В блоке предфильтрации видеопроцессора обрабатываются ребра (координаты вершин) сегмента и для каждой координатной позиции строки вычисляется площадь S и указатель донора видимого сегмента. В блоке фильтрации с помощью МДУ готовится цветосмесь в соответствии с (7).

Фильтрация с апертурой 3×3 единиц дискретности раstra также выполняется в блоке фильтрации. Для этого при определении цвета шей статье, предназначен для работы в составе ССВ, описанной в [2].

Приоритетная X-сортировка сегментов с использованием наложенной записи и механизма меток обеспечивает высокоскоростное удаление невидимых отрезков сегментов, однако страдает тем недостатком, что для элементов раstra, пересекаемых более чем одним сегментом, теряется информация о всех менее приоритетных сегментах, что исключает возможность учитывать их вклад в результирующий цвет элемента при выполнении фильтрации. Реципиентно-донорная концепция фильтрации далеко не полностью решает проблему элайсинга, хотя и устраняет многие (и в первую очередь наиболее заметные) дефекты квантования.

Имитация криволинейных поверхностей, аппроксимируемых гранями, достигается за счет интерполяции цвета как вдоль ребер многоугольников, так и вдоль сегментов; интерполяция дальности обеспечивает работу блока тумана. Применение табличной арифметики (включая операции с плавающей запятой) в видеопроцессорных блоках канала видеопреобразования позволило производить необходимые вычисления на частоте квантования строки (10 МГц).

Принятые решения прошли детальную проверку при изготовлении и лабораторных испытаниях макетного образца устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки.— Автометрия, 1984, № 4.
2. Буровцев В. А., Власов С. В., Вяткин С. И. и др. Геометрический процессор синтезирующей системы визуализации.— Автометрия, 1986, № 4.

Получена в редакцию 14 февраля 1986 г.

УДК 681.3.06

А. В. ГУСЕВ, С. Л. ИВАШИН, А. В. ИОФФЕ, Э. А. ТАЛНЫКИН

(Новосибирск)

ПРОГРАММНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИНТЕЗИРУЮЩИХ СИСТЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Введение. Синтезирующие системы визуализации (ССВ) [1] предназначены для работы в качестве имитаторов визуальной обстановки в тренажерно-моделирующих комплексах (ТМК) для подвижных объектов, управляемых оператором [2]. ССВ включают в себя, наряду с вычислительными средствами общего назначения, специализированное обо-

рудование, ориентированное на эффективное решение задачи синтеза изображений [3, 4]. В статье рассматриваются организация и состав программных средств ССВ, разработанной в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР.

Средства поддержки. В рамках единого, учитывающего как аппаратный, так и программный аспект подхода к разработке и созданию ССВ необходимость участия в проекте специалистов по программному обеспечению возникает задолго до проектирования целевых программных компонент, обеспечивающих функционирование системы в составе ТМК.

В процессе проработки архитектуры синтезирующей системы необходимо решать вопросы организации вычислительного конвейера, выбора способа реализации (аппаратного или программного) отдельных его элементов, взаимодействия программных и аппаратных компонент, сбалансированности по производительности и пропускной способности всех частей системы и ряд других. Все это невозможно сделать без привлечения специалистов, которые в дальнейшем будут принимать ответственные решения по организации программного обеспечения.

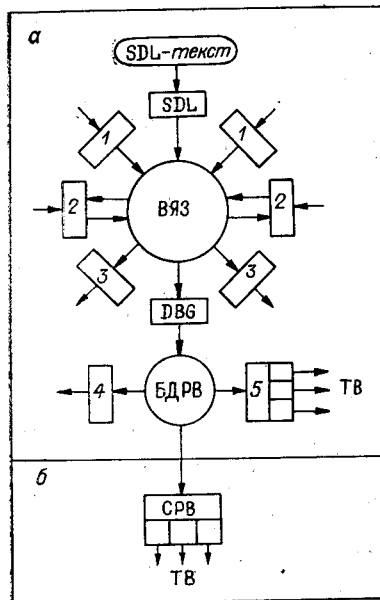
Оценка и выбор алгоритмов работы узлов ССВ, предназначенных для аппаратной реализации, могут быть эффективно проведены путем построения программных моделей. При наличии полной модели системы появляется возможность (вне реального времени) строить статические изображения, пользуясь для этого устройством типа видеобуфера [5]. Покадровая запись на видеомэгнитофон с последующим воспроизведением в реальном времени позволит оценить параметры качества будущей системы в динамике.

На этапе проведения конструкторских работ и изготовления образцов аппаратуры системы также требуется серьезная программная поддержка, связанная с автоматизацией проектирования радиоэлектронной аппаратуры. В [6, 7] описана система, реализованная специально для поддержки работ по созданию ССВ.

Объем и сложность аппаратуры ССВ требуют большого внимания к настройке (особенно первых образцов), тестированию, диагностике и последующему сопровождению системы. В ССВ [1, 3, 4] вопросы тестируемости ставились на самых ранних стадиях проекта. В результате разработчики аппаратуры пришли к решению встроить в систему дополнительное оборудование, обеспечивающее доступ от ЭВМ к внутренним элементам схемы (регистрам, памяти, индикаторам режимов и т. п.). Основа диагностического оборудования — специальная тестовая магистраль, подключаемая к ЭВМ через адаптер на общей шине. Разработчики отдельных модулей системы должны были выдерживать определенные соглашения: выводить на тестовую магистраль все блоки памяти; обеспечивать доступ ко всем элементам схемы, необходимым для диагностики устройства; встраивать специальное управление для обеспечения автономной работы и пошагового режима; предусматривать средства для сигнализации об ошибках и сбоях. Объем дополнительного оборудования составил не менее 10%. Естественно, что решение о таком «перерасходе» аппаратуры стало возможным лишь после того, как разработчиками программного обеспечения была спроектирована методика тестирования и диагностики системы и показаны те удобства в работе, которые получают инженеры. Создана универсальная диалоговая система с языковым процессором, описанная в [8], и пакет тестового и диагностического обеспечения, некоторые принципы которого изложены в [9].

Целевые программные компоненты обеспечивают штатный режим функционирования ССВ. Они подразделяются на комплекс подготовки баз данных, работающий вне реального времени, и специализированную операционную систему, ориентированную на генерацию изображений в реальном времени. Организация программного обеспечения показана на рисунке.

Ядро комплекса подготовки баз данных — внутренний язык (ВЯЗ) для описания визуальных моделей, представленный в [10]. ВЯЗ обеспе-



Организация программного обеспечения ССВ:
 а — комплекс подготовки баз данных: 1 — ввод или генерация описания моделей; 2 — алгоритмическая обработка или редактирование моделей; 3 — документирование и визуализация моделей; 4 — документирование базы данных; 5 — визуализация базы данных; 6 — система реального времени

чивает унифицированный формат представления визуальных моделей и единый интерфейс прикладных программ к базе данных вне реального времени.

Универсальное средство подготовки баз данных — язык описания трехмерных сцен SDL [11], транслятор с которого переводит описание модели или сцены, представленной SDL-текстом, во внутренний язык.

Библиотека описаний моделей на внутреннем языке может также пополняться путем полуавтоматического ввода с чертежей, фотографий, топокарт или программной генерацией моделей объектов, имеющих аналитическое описание

(тела вращения, сплайн-поверхности, регулярные структуры и т. п.). Программные модули данного типа условно отмечены 1 на рисунке.

Программные компоненты, использующие в качестве входной информации уже имеющиеся в базе данных модели, отмечены 2. В результате их работы получается новая модель или некоторая модификация исходной. К данному классу относятся подсистемы редактирования визуальных моделей, а также всевозможные программы алгоритмической обработки. Средства документирования или визуального контроля описания моделей показаны 3.

Завершающим этапом подготовки визуальной сцены, необходимой для решения конкретной задачи, является построение (генерация) базы данных реального времени (БДРВ). Эта процедура выполняется программ-генератором DBG, которая производит комплексирование моделей, представленных во внутреннем языке, под управлением задания на генерацию. В процессе генерации производится адаптация модели к конкретным условиям задачи. Структура БДРВ описывалась в [12].

В комплексе подготовки баз данных имеются программы контроля и документирования БДРВ, а также ее визуализации с управлением подвижными объектами от генераторов перемещений (потенциометрических ручек) на местном пульте управления ССВ.

Наиболее ответственная компонента программного обеспечения ССВ — система реального времени (СРВ); ее выход — синтезированные изображения, изменяющиеся в соответствии с динамикой задачи. Характерной особенностью СРВ являются: сложная иерархическая организация обрабатываемых данных, необходимость синхронизации нескольких параллельно или квазипараллельно работающих процессов и процессоров, большая вычислительная емкость алгоритмов и объем потоков данных. Требования реального времени не позволяют здесь использовать какую-либо универсальную операционную систему (ОС), и СРВ, по сути дела, — специализированная ОС. Задачи организации вычислительных процессов, ориентированных на синтез изображений, решаются на внутриоперационном уровне с максимальной эффективностью. База данных, зависящая от конкретно решаемой задачи, загружается в качестве внутреннего ресурса СРВ. Проблемно-зависимая программная поддержка выполняется на прикладном уровне ОС и обеспечивает специфичную для задачи технику управления подвижными объектами. СРВ предоставляет приклад-

ным программам доступ к базе данных через специальный интерфейс ОС. Ядро СРВ — полностью инвариантное к особенностям задачи.

Заключение. Обратившись к рисунку, отметим особенность выбранного подхода к организации программного обеспечения ССВ. Такой подход можно назвать языковым в силу аналогии с традиционной организацией систем программирования на базе одного или нескольких языков. SDL играет роль входного языка, а ВЯЗ — объектного. DBG выполняет функции построителя задач (редактора связей), БДРВ является аналогом образа задачи, а СРВ — исполнительной системой.

В заключение авторы выражают благодарность руководителю проекта ССВ А. М. Ковалеву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки. — Автометрия, 1984, № 4.
2. Тренажерные системы/Под ред. В. Е. Пушунова. — М.: Машиностроение, 1981.
3. Буровцев В. А., Власов С. В., Вяткин С. И. и др. Геометрический процессор синтезирующей системы визуализации. — Автометрия, 1986, № 4.
4. Богданов В. В., Ковалев А. М., Нефедов И. Б. и др. Канал видеопреобразования синтезирующей системы визуализации. — Там же.
5. Ковалев А. М., Курочкин В. В., Тарнопольский Ю. В. Трехпортовая память телевизионного кадра. — Автометрия, 1984, № 4.
6. Талныкин Э. А. Система проектирования печатных плат на ЭВМ семейства «Электроника». — Там же.
7. Талныкин Э. А. PED — графический редактор в системе проектирования печатных плат. — Автометрия, 1984, № 5.
8. Иоффе А. В., Талныкин Э. А. BUSIC — диалоговая система с языковым процессором для наладки и тестирования оборудования. — Там же.
9. Иоффе А. В. Тестирование, диагностика и наладка цифровых устройств с использованием иерархической схемы программных моделей. — Автометрия, 1986, № 4.
10. Талныкин Э. А. Внутренний язык для описания визуальных моделей. — Автометрия, 1985, № 4.
11. Гусев А. В., Талныкин Э. А. SDL — язык описания трехмерных сцен в системах динамической машинной графики. — Автометрия, 1986, № 4.
12. Гусев А. В., Ивагин С. Л., Талныкин Э. А. Математические модели сцен в синтезирующих системах визуализации реального времени. — Автометрия, 1985, № 4.

Поступила в редакцию 3 марта 1986 г.

УДК 681.3.06

А. В. ГУСЕВ, Э. А. ТАЛНЫКИН

(Новосибирск)

SDL — ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН В СИСТЕМАХ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАШИНОЙ ГРАФИКИ

Введение. Графические языки и графические расширения распространенных языков программирования применяются в машинной графике уже достаточно давно. Например, Калсруд [1] еще в 1968 г. сформулировал основные черты графического языка, которые и сейчас не выглядят устаревшими. Определенным итогом работ данного направления являются графические стандарты [2, 3], регламентирующие направления концептуальную основу языковой обстановки для систем интерактивной машинной графики. В большинстве реализаций программы с графическими возможностями работают под управлением универсальной операционной системы и взаимодействуют с графическими устройствами через стандартный драйверный механизм, т. е. ничем не выделяются среди других пользовательских программ. Чтобы обеспечить динамику доста-