

К ВЫБОРУ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ УСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ М.Р.А.

Зори С. А.

Кафедра ПМИИ ДонГТУ

zori@pmi.donetsk.ua

Abstract

Zori S.A. The choice of a real-time system structure for M.R.A. algorithm based covering surfaces image synthesis. In the article is given the choice of a rational specialized system structure as analysis of the characteristics of various computing structures. The executions time estimations of M.R.A. algorithm on considered structures are obtained.

Введение

Проблема синтеза высококачественных изображений устилающих поверхностей в реальном времени (реальные ландшафты, рельефы, участки местностей, планет и т.д.) из-за большого объема данных и сложности их обработки не теряет своей актуальности даже на фоне современного стремительного развития средств вычислительной техники. Подобные задачи решаются в системах самого широкого спектра действия - авиакосмических тренажерах, системах визуализации данных космических аппаратов, САПР в области промышленного и гражданского строительства, системах виртуальной реальности (СВР) и т.д., то есть в системах, где требуется максимальное подобие синтезированного образа, возникающего в зрительном канале наблюдателя, реальному образу окружающего мира. Авторами в работах [1-6] достаточно подробно были исследованы современное состояние и аспекты этого вопроса и предложены алгоритмические и аппаратно-структурные средства для ускорения процесса генерации и повышения качества синтезируемых изображений этого класса [2-6].

Данная работа посвящена решению вопроса о выборе рациональной структуры предложенной системы [2,5,6] с точки зрения оптимального сочетания требуемого быстродействия и минимума аппаратных затрат.

1. Используемые алгоритмические средства

В работах [1,3,4] авторами проведен анализ способов представления моделей устилающих поверхностей для синтеза изображений и показано, что в последнее время для задания реальных устилающих поверхностей, наиболее часто применяется поточечная модель. Разработан и исследован новый алгоритм синтеза изображений устилающих поверхностей (модифицированный растровый алгоритм - МРА), основанный на растровом алгоритме Робертсона [1], и обладающий повышенным по сравнению с существующими и оригинальным алгоритмом быстродействием. Предложена модификация МРА для решения задачи генерации собственных падающих теней на поверхности с целью повышения степени реалистичности синтезируемого изображения. В работах [3,4] подробно изложена суть алгоритмов и приведены оценки их временной и пространственной сложности (требуемый объем памяти).

Из приведенных характеристик следует, что использование традиционных средств вычислительной техники на базе даже самых современных персональных компьютеров с лучшими высокопроизводительными микропроцессорами не позволяет

синтезировать изображения такого класса в реальном времени (требованием реального времени в компьютерной графике является генерация одного кадра изображения не более чем за 25 миллисекунд; проведенные эксперименты на ПЭВМ Pentium-166MHz показали для МРА (без затенения) время около 1 секунды для местности 100x100 точек; типичная дискретизация реальной местности в современных системах, решающих подобные задачи, составляет 1000x1000). В связи с этим, в работах [5,6] обоснована необходимость создания специализированной параллельной системы для синтеза изображений устилающих поверхностей в реальном времени, которая может быть использована в качестве канала синтеза изображений объекта типа "земля" в составе многоканальных графических вычислительных систем. Используемые разработанные алгоритмические средства позволяют распараллелить вычислительный процесс.

2. Выбор структуры системы

В связи с тем, что разработанные алгоритмы МРА и генерации собственных теней на устилающей поверхности (на базе МРА) содержат явно независимые последовательные этапы, предложенная система для генерации изображений объектов класса «устилающая поверхность» архитектурно представляет собой конвейерную вычислительную систему [5,6], использующую в качестве исходных данных:

- 1) цифровую модель местности (массив реальных высот точек земной поверхности);
- 2) вертикальный фотоснимок отображаемого участка (массив значений интенсивностей свечения или цветов точек на снимке);
- 3) параметры, задающие положение наблюдателя и отображаемого участка поверхности.

Была поставлена задача выбора рациональных структур отдельных ступеней конвейера, сочетая, по возможности, максимальное быстроедействие при возможно низких аппаратурных затратах.

Для выбора рациональных структур устройств системы рассматривались основные архитектуры средств параллельной обработки информации - SISD, SIMD и MIMD. Для количественной оценки характеристик системы производился подсчет тактов работы некоего абстрактного базового процессора на каждом этапе алгоритма МРА для различных вариантов организации вычислений на указанных структурах, и их дальнейшее сравнение. Время выполнения используемых алгоритмом операций на базовом процессоре (в количествах тактов синхронизации) было принято таким, как у процессора Pentium.

Для дальнейшей оценки был введен коэффициент ускорения реализации этапа на заданной структуре по сравнению с однопроцессорной структурой, названный коэффициентом эффективности K_{Σ} , и коэффициент рациональности реализации K_p , отражающий отношение коэффициента эффективности структуры для этапа алгоритма, к числу процессоров N_i , используемых в структуре:

$$K_{\Sigma} = T_1 / T_{SISD} \quad (1)$$

$$K_p = K_{\Sigma} / N_i \quad (2)$$

Чем больше коэффициент рациональности при сравнении различных структур, тем лучше соотношение быстроедействие/аппаратура, и, значит, предпочтительней использовать эту структуру.

Полученные данные сведены в таблицу 1. Здесь индексы v и M означают вектор и матрицу соответствующей архитектуры.

Таблиця 1
К ВИБОРУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ІЗОБРАЖЕНЬ УСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТІ НА ОСНОВЕ М.Р.А.

АРХИТЕКТУРА ОБРАБОТКИ ДАННИХ	КОЛ-ВО ПРОЦЕССОРОВ, P	КОЛИЧЕСТВО ТАКТОВ ВИПОЛНЕНИЯ ЭТАПА T _i , min max				КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ K _э = T _i / T _{исд} , min max								КОЭФФИЦИЕНТ РАЦИОНАЛЬНОСТИ, K _p = K _э / P, min max			
		ЭТАП 1	ЭТАП 2	ЭТАП 3	ЭТАП 4	ЭТАП 1	ЭТАП 2	ЭТАП 3	ЭТАП 4	ЭТАП 1	ЭТАП 2	ЭТАП 3	ЭТАП 4	ЭТАП 1	ЭТАП 2	ЭТАП 3	ЭТАП 4
SISD	1	n*m*(2T) + m*(2T)	n*m*(T) + m*(T)	m*n*(22T) / m*n*(33T)	m*n*(25T) / m*n*(36T)	-	-	-	-	n/2	n/2	33	36	1/2	1/2	33/n	36/m
SIMDv	n	(n + m)*(2T)	(n + m)*(T)	m*(22T) / m*n*(T) + n*(44T)	m*(25T) / m*n*(T) + m*(47T)	n/2	n/2	m	n	n/2	n/2	33	36	1/2	1/2	33/n	36/m
SIMDm	n x m	(n + m)*(2T)	(n + m)*(T)	m*(T) + (22T) / m*n*(T) + n*(44T)	n*(T) + (25T) / m*n*(T) + m*(47T)	n/2	n/2	22m	25n	n/2	n/2	33	36	1/2	1/2	33/(n*m)	36/(n*m)
MIMDv	n	(n + m)*(2T)	(n + m)*(T)	m*(22T) / m*(22T) + n*(11T)	n*(25T) / n*(25T) + m*(11T)	n/2	n/2	m	n	n/2	n/2	m	n	1/2	1/2	1	1
MIMDm	n x m	(n + m)*(2T)	(n + m)*(T)	m*(T) + (22T) / m*(2T) + (44T)	n*(T) + (25T) / n*(2T) + (47T)	n/2	n/2	16m	18n	n/2	n/2	16m	18n	1/2	1/2	16/n	18/m

* - возможные конфликты обращения к общей памяти

На основании данных, приведенных в таблице 1, сделаны выводы о структурной организации устройств системы. При этом учитывалось, что при одинаковом коэффициенте рациональности для структур SIMD и MIMD, предпочтительнее является SIMD в связи с тем, что архитектура MIMD обладает большими аппаратными затратами, т.к. каждый MIMD-процессор должен содержать собственное устройство управления, а в SIMD архитектуре - одно на все процессоры.

Таким образом, для аппаратной поддержки 1 и 2 этапов МРА - алгоритмов вращения и перспективного сжатия - предпочтительной структурой является вектор SIMD-процессоров, для 3 и 4 этапов - алгоритмов вертикального и горизонтального проецирования с разжатием - архитектура вычислителя с вектором MIMD - процессоров. Предложенная система функционально состоит из четырехступенчатого конвейерного вычислителя, обработчики которого имеют вышеуказанную организацию. При этом, для оценки времени обработки данных, справедливы соответствующие выражения в таблице 1, а время задержки в конвейере в целом определяется как:

$$T_{\text{конв}} = \max\{T_1; T_2; T_3; T_4\} = T_4 \tag{3}$$

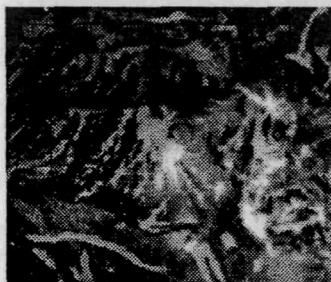
Выполненные оценки проиллюстрированы на рис. 1.



Рис. 1 Временная сложность генерации изображения в системе (М.Р.А. + затенение)

Анализ выражений показывает, что время синтеза сцены на предложенной архитектуре по сравнению с традиционной однопроцессорной сокращается в $2n$ раз. Например, для построения изображения реальной местности с пространственной дискретизацией 1000×1000 в реальном времени на традиционной однопроцессорной структуре необходимо иметь процессор с тактом $0,05$ нс или частотой синхронизации 20 ГГц; в случае использования предложенной структуры - такт процессора должен составлять 100 нс (частота синхронизации 10 МГц). Понятно, что первый вариант в современных условиях недостижим - не существует как процессоров с требуемым быстродействием, так и скоростной памяти с данными, с которой мог бы работать такой процессор без заметных задержек (подсчитано, что в среднем каждые 5 операций алгоритма требуют обращения к памяти для чтения/записи). Предложенный вариант легко достижим по требованиям быстродействия как со стороны процессора, так и памяти, но предполагаются n -кратные затраты на процессоры и организация разделенной памяти. Однако, ввиду независимости обработки данных на этапах по строкам/столбцам модели можно сократить аппаратные затраты в требуемое число раз увеличив во столько же раз требования к быстродействию процессоров (например, увеличив частоту синхронизации процессора до 100 МГц уменьшить их число в 10 раз).

Исходная фотография местности



Синтезированные изображения местности с различных ракурсов

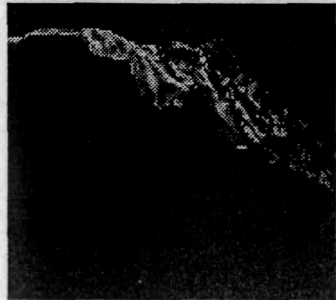
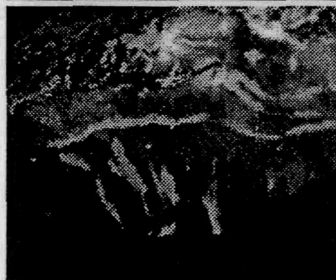
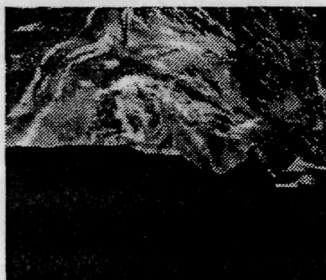
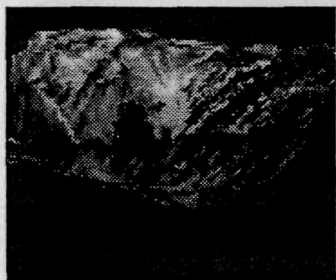


Рис. 2. Примеры синтезированных изображений

Исходная фотография местности



Синтезированные изображения местности с различных ракурсов

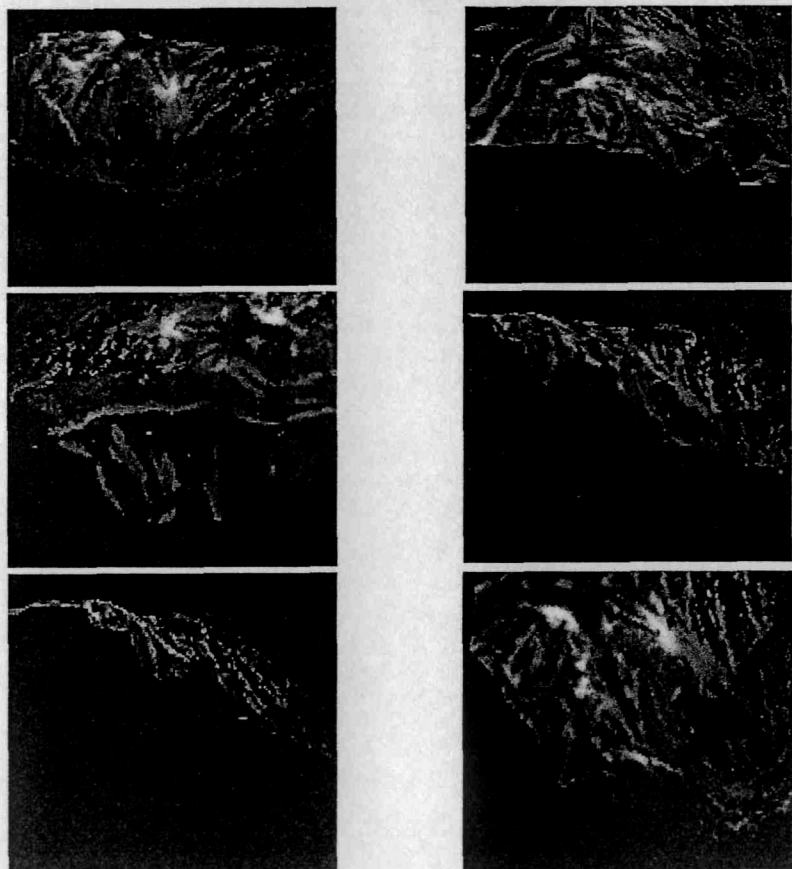


Рис. 2 Примеры синтезированных изображений

Проведено имитационное программное моделирование работы блоков системы на предложенных структурах при генерации изображения реальной местности с дискретизацией модели 100x100, получены оценки затраченного числа тактов, которые подтверждают приведенные теоретические. Примеры синтезированных изображений приведены на рис. 2.

Заключение

Для решения задачи генерации реалистичных изображений устилающей поверхности в реальном масштабе времени с использованием МРА, предложена структура специализированной системы, основанная на рациональном выборе структур ее устройств с точки зрения сочетания требуемого быстродействия при возможно низких аппаратурных затратах. Приведены количественные оценки, характеризующие различные варианты построения. Выполнено имитационное программное моделирование процесса синтеза в предложенной системе, подтвердившее правильность выполненных оценок и работоспособность МРА на представленных структурах ее устройств.

Литература

1. Башков Е.А., Зори С.А. Аппаратно-программные средства для синтеза реалистичных изображений устилающих поверхностей Земли. В кн.: "Знание- Диалог- Решение": Сборник научных трудов Международной научной конференции KDS-95. -Киев: АСПИС, 1995. -т.2, с.245-253.
2. Башков Е.А., Зори С.А. Устройство синтеза реалистичных изображений устилающих поверхностей Земли для систем визуализации тренажеров. В кн.: Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. Донецкий государственный технический университет.- Донецк: ДонГТУ, 1996.- с.148-152.
3. Башков Е.А., Зори С.А. Модифицированный растровый алгоритм синтеза изображений земных поверхностей. В кн.: Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-97). Сборник научных трудов Донецкого государственного технического университета. Выпуск 1. Донецк: ДонГТУ, 1997.- с. 90 - 95.
4. Башков Е.А., Зори С. А. Растровый алгоритм для генерации собственных теней на устилающей поверхности. В кн.: Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, (ИКВТ-99) выпуск 6:- Донецк: ДонГТУ, 1999.- с.139-145.
5. Е.А. Башков, С.А. Зори. Специализированная система реального времени для визуализации изображений аэрокосмических исследований. В кн.: Тезисы докладов Всеукраинской научно-практической конференции «Людина і космос». Днепропетровск: ДГУ, 1999.- с. 178.
6. Башков Е.А., Зори С. А. Многопроцессорный канал синтеза изображений объектов класса «устилающая поверхность» для систем визуализации окружающей обстановки реального времени. В кн.: Компьютерные технологии: геометрическое моделирование и виртуальная реальность: Труды международной научно-практической конференции (под эгидой Российского космического агентства и Министерства образования РФ). Таганрог: ТРТУ, 1999.- с. 63-70.