

АРХИТЕКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ АЛГОРИТМОМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ГОРИЗОНТОВ

Башков Е.А., Зори С.А.

Донецкий национальный технический университет
bashkov@dgtu.donetsk.ua, zori@pmi.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Bashkov E.A., Zori S.A. Computer system architecture for real time visual terrain simulation by Fast Horizon Computation Algorithm. In the article the simulation outcomes and the real-time system architecture for the synthesis of terrain images on the basis of Fast Horizon Computation Algorithm are reviewed.

Введение

При построении компьютерных имитаторов визуальной обстановки возникает необходимость решения задач синтеза реалистичных изображений природных явлений, в том числе земной поверхности. Важнейшими показателями процесса визуального моделирования, обусловленными необходимостью обеспечения информационного и динамического подобия реально наблюдаемой окружающей обстановки и синтезируемого изображения, являются качество синтезируемых изображений и временные характеристики процесса их генерации.

При визуальном моделировании земных поверхностей особенно важной задачей является адекватное отображение топологии, геометрии и динамики для получения наиболее реалистичной визуальной картины окружающей обстановки и достижения связанных с ней множества сопутствующих целей (обучение, навигация, моделирование, виртуальная имитация и т.п.). Применяемые на сегодняшний день методы и системы имеют следующие основные недостатки - большое время вычислений и не достаточная адекватность изображений [1, 2]. В связи с этим представляется актуальным решение задачи визуального моделирования земных поверхностей в реальном масштабе времени за счет организации эффективных алгоритмических и аппаратных средств со специализированной архитектурой.

1. Моделирование модифицированного алгоритма вычисления горизонтов для генерации изображений земной поверхности

Авторами в работах [3, 5, 8] выполнен анализ и классификация основных методов и алгоритмов для синтеза изображений земной поверхности. Проведено исследование и моделирование нескольких современных алгоритмов и рассмотрены структуры систем на их основе. Показано, что одними из важных направлений развития алгоритмов, методов и систем генерации и визуализации земной поверхности, являются высокая степень реализма, обеспечение способности обработки больших массивов данных и обеспечение реакции в реальном времени на изменения в масштабе визуализируемой поверхности.

На основе исследования описанного в литературе алгоритма вычисления горизонтов [4] для синтеза изображений земной поверхности разработана его модификация, которая обладает несколько лучшими временными характеристиками [6, 7, 8].

Для ее моделирования была разработана программная модель модифицированного алгоритма вычисления горизонтов. Программа получает на входе цифровую карту местности. Карта местности задается высотами выбранных точек заданных целым числом. Необходима, также, информация о положении и ориентации местности, наблюдателя и источника(ов) света.

Результатом программы являются вычисленные горизонты данной местности и изображение местности.

Для обработки использовались абстрактные (тестовые) и реальные цифровые модели местностей.

Обобщенная структура программной модели приведена на рис. 1.

Блок чтения данных читает имеющиеся данные из файла. Затем происходит динамическое выделение памяти на основе существующих данных. После чего выделенная память частично заполняется оставшимися данными. Остальная часть памяти используется в следующих блоках программы. В данном же блоке происходит предварительная инициализация выделенной памяти.

Блок интерфейса с пользователем реализует все функции, необходимые для комфортной работы пользователя с программным продуктом. Данный блок полностью берет на себя работу с видеопамью, экраном и выводимой информацией. Здесь происходит непосредственная активизация реакции программы на команды пользователя. Здесь же происходит предоставление результатов работы программы – визуализированное изображение земной поверхности.

Блок вычисления горизонтов реализует собственно 1-й этап алгоритма вычисления горизонтов.

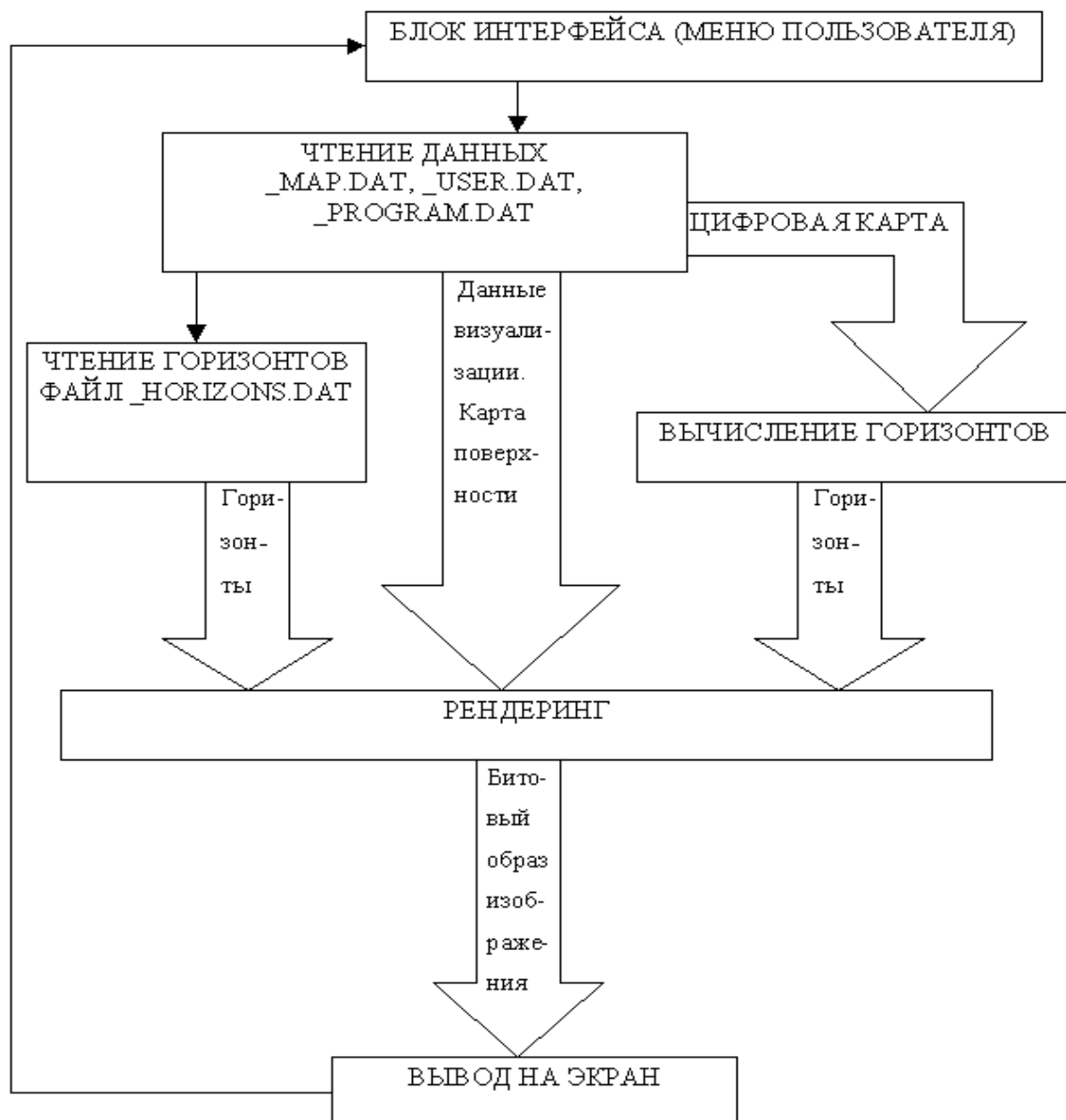


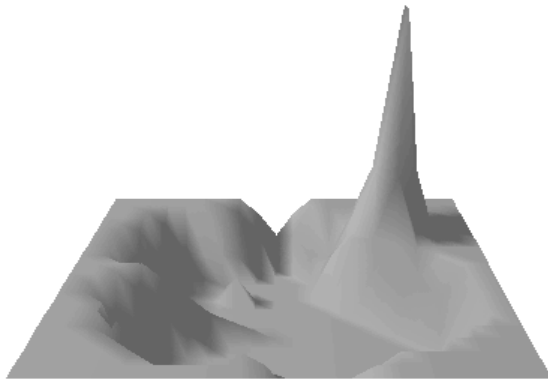
Рис. 1. Обобщенная структура моделирующей программы

Блок рендеринга производит визуализацию цифровой карты местности с использованием данных работы блока вычисления горизонтов и блока чтения данных (2-й этап алгоритма). Выполняется в два этапа. На первом происходит расчет освещения каждой точки местности. На втором происходит отсечение невидимых точек и визуализация.

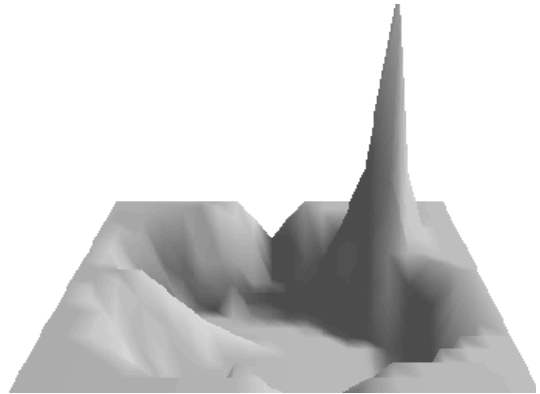
На рис. 2 представлены временные характеристики процесса моделирования.

На рис. 3 приведены примеры генерации изображений абстрактной модели (одиночный пик) для различного количества секторов (зависимость качества синтезированного изображения от количества секторов).

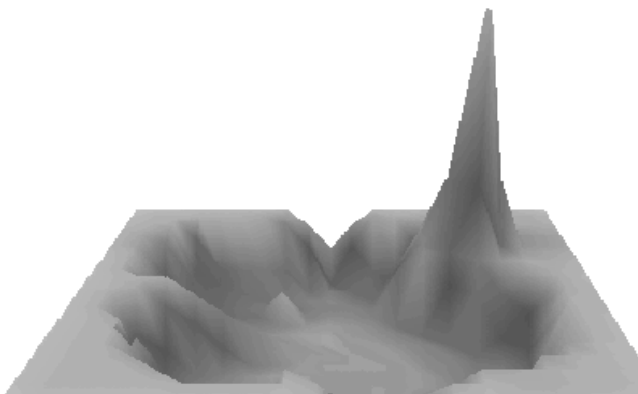
На рис. 4 приведены примеры синтезированных изображений.



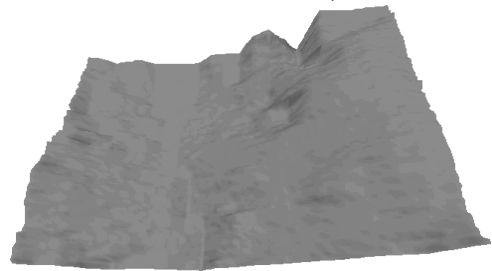
а) абстрактная местность (яркое освещение)



б) абстрактная местность (яркое освещение)



в) абстрактная местность (рассеянное освещение)



г) реальная местность (рассеянное освещение)

Рис. 4. Примеры синтезированных изображений

Программное моделирование подтвердило работоспособность алгоритма и правильность выполненных оценок его временных характеристик. Обозначена область применения данного алгоритма – синтез реалистичных изображений земных поверхностей в системах, не критичных к времени генерации.

2. Структурная организация вычислительной системы для аппаратной поддержки синтеза изображений земной поверхности в реальном времени с использованием метода вычисления горизонта

Как видно из рис. 2 для генерации изображений и моделирования реальных поверхностей в реальном масштабе времени необходимы средства аппаратной поддержки. В связи с тем, что разработанный алгоритм содержит явно зависимые последовательные этапы, предложенная система для генерации изображений устилающей

поверхности архитектурно представляет совокупность двух независимых вычислителей, использующую в качестве исходных данных:

- цифровую модель местности;
- параметры наблюдателя, источника освещения и отображаемого участка поверхности;
- цветовые характеристики отображаемого участка земной поверхности и другие характеристики визуальной обстановки.

Обобщенная структура процессора вычисления горизонтов (Horizons Computation Unit), реализующего первый этап модифицированного алгоритма вычисления горизонтов, приведена на рис. 5.

Алгоритм и основные этапы работы процессора соответствуют реализации этапа 1 рассмотренного алгоритма. Необходимо отметить, что, так как вычисления, производимые на этом этапе, могут быть выполнены на этапе препроцессирования (1 раз для всей модели или моделей), то, в системах, не критичных к времени выполнения этого этапа (или генерации в целом), в качестве Horizons Computation Unit может выступать любой достаточно мощный компьютер традиционной архитектуры, выполняющий программу реализации этапа алгоритма. Подготовленные горизонты затем будут использованы в процессе собственно визуального моделирования (2-й этап), которое должно проходить в режиме реального времени.

Для реализации второго этапа алгоритма (рендеринга) предлагается процессор рендеринга (Render Unit), структура которого изображена на рис. 6. Вычислительное устройство содержит блоки, реализующие программу второго этапа модифицированного алгоритма вычисления горизонта.

Фактически, Render Unit состоит из двух идентичных каналов – канала «видимости» и канала «освещения», определяющих видимость выбранной из памяти точки (по отношению к наблюдателю) и ее освещение (видимость по отношению к источнику освещения). Каналы работают параллельно. Такая организация позволяет уменьшить время реализации этапа визуализации.

Однако, для детального расчета освещения с целью увеличения реалистичности синтезированного изображения, канал «освещения», безусловно, должен иметь более сложную структуру (собственный спецвычислитель освещения), структура которого будет определяться алгоритмическими особенностями применяемого метода и применением средств распараллеливания вычислений.

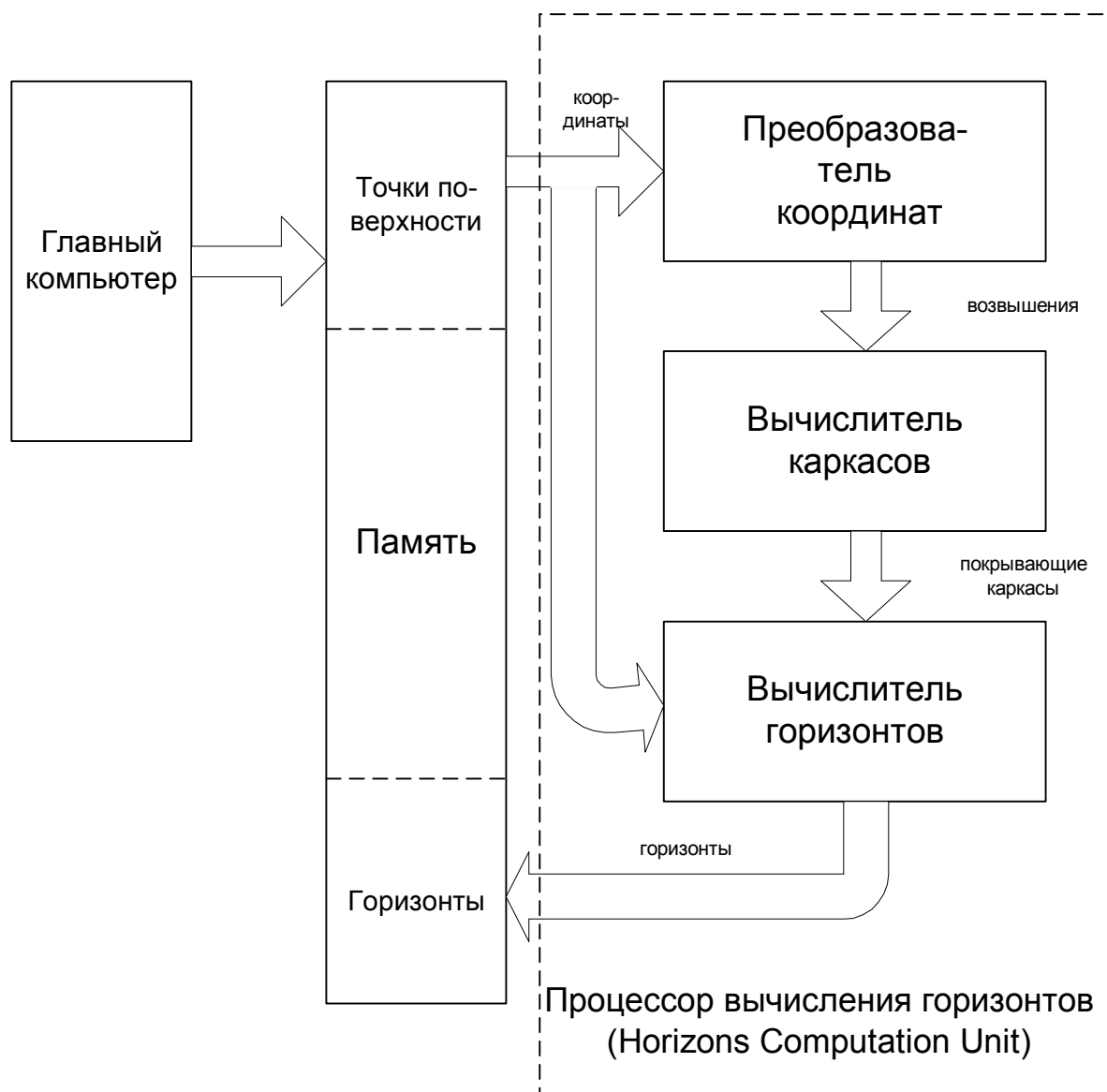


Рис. 5. Структура процессора вычисления горизонтов

Время реализации этапа будет определяться максимальной задержкой в одном из каналов. В общем случае время задержки на обработку в спецвычислителях Horizons Computation Unit и Render Unit прямо пропорционально количеству обрабатываемых точек в цифровой модели местности и выбор конкретной технической базы реализации для генерации в реальном времени должен производиться с учетом этой информации, а также временных ограничений на синтез одного кадра изображения.

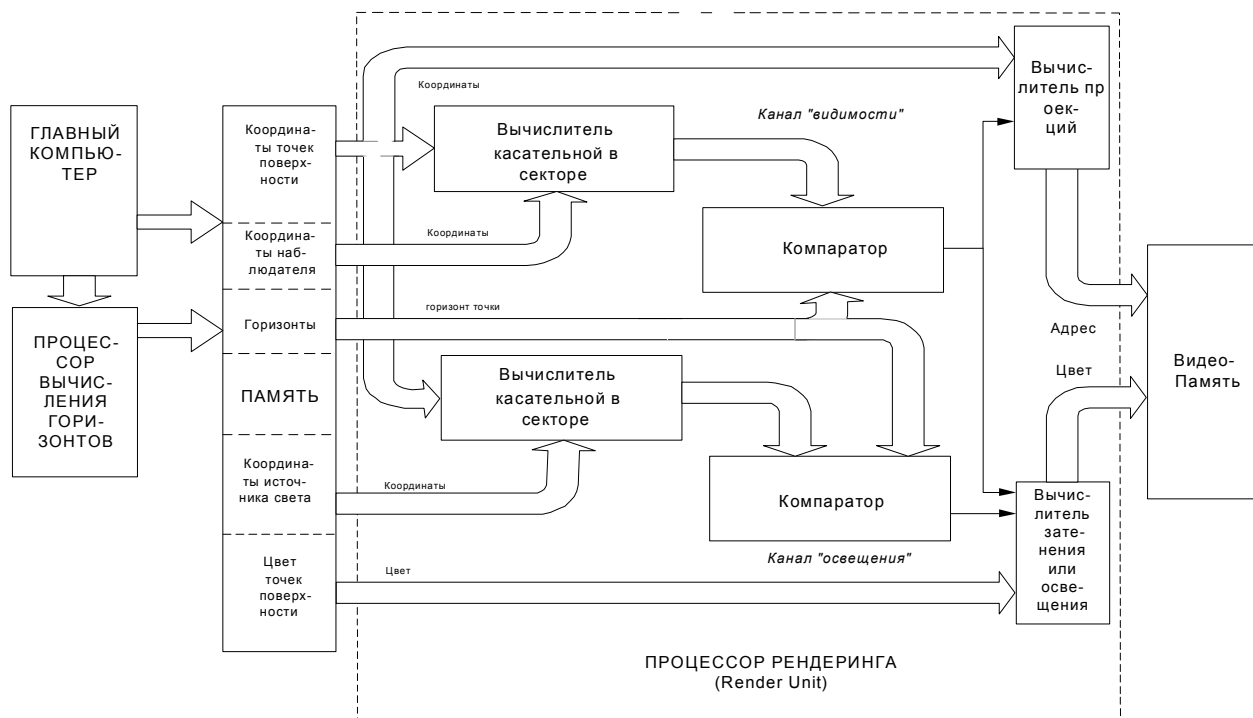


Рис. 6. Структура процессора рендеринга

Заключение

В статье рассмотрены результаты моделирования модифицированного алгоритма вычисления горизонтов для синтеза изображений земных поверхностей. Показано, что для синтеза изображений земных поверхностей в реальном времени требуется наличие средств специализированной аппаратной поддержки. Показана возможность параллельного вычисления видимости и освещенности точек модели местности. Разработана обобщенная структура вычислительной системы синтеза изображений земной поверхности с использованием алгоритма вычисления горизонта, включая обобщенные структуры специализированных процессоров вычисления видимости и освещенности.

Литература

1. "An Algorithm for the Visualization of a Terrain with Objects", Flávio Szenberg, Marcelo Gattass, Paulo Cezar Pinto Carvalho, http://www.tecgraf.pucRio.br/scripts/cgilua/publications/artigo_algorithm_visualization_terrain.pdf
2. "Terrain Modeling, Rendering and WalkThrough/FlyThrough Using the VolumePro- 500 and VolumePro-1000 boards", Poojan Prabhu, Department of Computer Science State University of New York at Stony

Brook, Final Project Report, Advisor: Dr. Arie Kaufman,
<http://www.cs.sunysb.edu/~poojan/docs/Masters.pdf>

3. Зори С.А. К выбору структурной организации системы реального времени для генерации изображений устилающей поверхности. В кн.: Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем». Выпуск 10:- Донецк: ДонГТУ, 2000.- с. 170-177.
4. Stewart J. .Fast Horizon Computation at All Points of a Terrain With Visibility and Shading Applications.- IEEE Transactions on visualization and computer graphics, vol.4, no.1, 1999
5. Bashkov E., Zori S., Suvorova I. Modern Methods of Environment Visual Simulation.- Simulationstechnik, 14. Symposium in Hamburg, Sept. 2000: SCS-Europe BVBA, Ghent, Belgium, 2000.- p. 509-514.
6. Evgeniy A. Bashkov, Sergey A. Zori Visual Simulation of an Earth Surface by Fast Horizon Computation Algorithm. – Simulation und Visualisierung 2001: Institut fur Simulation und Graphik, Magdeburg, Deutschland, 2001.- p. 203 – 215
7. Башков Е.А., Зори С.А. Визуальное моделирование земной поверхности алгоритмом вычисления горизонтов – за и против. В кн.: Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем». Выпуск 29:- Донецк: ДонГТУ, 2001.- с. 64 - 70.
8. Е.А. Bashkov, S.A. Zori Computer System Architecture for Terrain Visual Simulation in Real Time. - Frontiers in Simulation. Simulationstechnik, 17. Symposium in Magdeburg, Sept. 2003: SCS-Europe BVBA (ISBN 3-936150-27-3), Magdeburg, Germany, 2003.- p. 519-524.