

ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛГОРИТМОМ ВЫИСЛЕНИЯ ГОРИЗОНТОВ - ЗА И ПРОТИВ

Башков Е.А., Зори С.А.

Кафедра ПМИИ, ДонГТУ

bashkov@pmi.dgtu.donetsk.ua, zori@pmi.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Zori S.A., Bashkov E.A. Visual simulation of an earth surface by Fast Horizon Computation Algorithm - yes or no. The given article is devoted to research of problems of efficiency application of Fast Horizon Computation Algorithm (FHCA) and comparing it with MRA algorithm developed by the authors.

Введение

Одной из задач, возникающей при визуальном моделировании окружающей обстановки в современных компьютерных системах, является необходимость качественного отображения земной поверхности.

Сегодня известны несколько **ОСНОВНЫХ** методов, применяемых в системах компьютерной графики. Применение того или иного метода зависит от требований, предъявляемых к системе визуализации, заключающихся в обеспечении заданной степени реализма и заданного ограничения на время синтеза сцены. В работах [1-4] авторами были подробно рассмотрены основные методы генерации изображений этих геометрически сложных объектов, которые условно можно разделить на две группы:

- без использования полных данных о топологии и характеристиках реальной местности (упрощенное, "условное" моделирование);
- с использованием данных о топологии и характеристиках реальной местности, включающих цифровые модели местности и фотоснимки ("реальное" моделирование).

При этом методы синтеза изображения могут использовать следующее представление модели местности:

- полигональное (классический случай) - триангуляция, метод иерархических иррегулярных триангуляционных сетей (HTDsIs) и т.д.;
- участками криволинейных поверхностей (параметрические сплайны);
- только "скелетом" (сетка высот точек местности) - фрактальный метод (стохастическое моделирование), методы приоритетного маскирования (Dungan), scan-line метод (Robertson), метод контурных радиальных сетей.

Для повышения реалистичности синтезируемых изображений применяют методы расчета освещения, генерации собственных теней и методы текстурирования с использованием фотоснимков местности.

В последнее время в литературе появились работы, посвященные представлению новой группы алгоритмов построения изображений устилающих поверхностей, получивших название алгоритмы вычисления горизонтов [5].

Данная работа посвящена исследованию вопросов эффективности применения алгоритма вычисления горизонта (FHCA) [5] и сравнения его с модифицированным растровым алгоритмом (MPA) [2-3], разработанным авторами.

1. Алгоритм вычисления горизонта

Алгоритм вычисления горизонтов предложен Дж. Стюартом [5] и базируется на работе Макса [5], который вычисляет горизонты для поверхностей, отображенных цифровой картой. Рассматривается фиксированное число направлений (секторов) вокруг каждой выбранной точки и вычисляется высота горизонта в каждом направлении. При рендеринге выбранная точка рассматривается как видимая (освещенная), если наблюдатель (источник света) видим из данной точки. Видимость определяется путем сравнения высоты положения наблюдателя (солнца) с ближайшей известной высотой горизонта. Интенсивность внутри полузатененных теней вычисляется согласно доле солнечного диска, который лежит выше горизонта.

Алгоритм горизонта повторяется для каждого из s секторов. Первым этапом алгоритма является собственно вычисление горизонтов. Процесс происходит за i итераций ($i=s$). На i -той итерации, возвышение горизонта в секторе i вычисляется для каждой из n выбранных точек. По окончании, горизонты известны для всех точек. Краткое описание этапа приведено ниже.

1. **Начать** обработку текущего сектора.
2. **Перейти** к новой системе координат.
3. **Взять** очередную точку.
4. **Добавить** точку в покрывающие каркасы, которые содержат данную точку в своем текущем секторе.
5. Вычислить горизонт для данной точки, используя покрывающие каркасы текущего сектора данной точки.
6. **Если** точка не последняя, **то** перейти к п. 3.
7. Иначе: если сектор не последний, **то** перейти к п.1.

Следующим этапом является рендеринг:

1. **Взять** текущую точку.
2. **Найти**, в каком секторе данной точки находится наблюдатель.
3. **Вычислить** угол касательной от точки до наблюдателя.
4. **Если** возвышение наблюдателя больше, чем горизонт точки, **то** точка видима.
5. Иначе точка невидима.
6. **Если** точка не последняя, **то** перейти к п. 1.

Таким образом, суть алгоритма состоит в вычислении горизонтов для каждой точки в каждом секторе обзора. Затем определяется, видим ли наблюдатель в одном из секторов каждой точки модели, чем определяется видимость этой точки. Точно также можно определить, видим ли источник(и) освещения из каждой точки, что даст возможность произвести затенение сцены или даже детальный расчет освещения (в [5] автор предлагает модификацию метода излучательности для этого алгоритма, что существенно замедляет работу, но позволяет получить более реалистичные изображения).

Если ihl - количество точек в модели, s - количество секторов, T_0 время выполнения первого этапа алгоритма

$$T_1 \sim s * n^2 * (\log^2 n^2 + s) \quad (1)$$

Время выполнения второго этапа

$$T_2 \sim n^2 * (1 + l * k) \quad (2)$$

где / - количество источников освещения,
 к - коэффициент, отражающий сложность расчета освещенности точки (или преобразований затенения) от нескольких источников.

Необходимо отметить важное достоинство алгоритма - основные расчеты (этап 1) выполняются на этапе препроцессирования, а этап 2, обладающий достаточно малой временной сложностью, выполняется при визуализации (этап процессирования).

Выполнено программное моделирование алгоритма FHCA. При этом использовалось разбиение абстрактной тестовой модели (100x100 точек) на 64 сектора и 1 источник освещения, используемый только для однородного освещения и затенения. Моделирование производилось на ПК Pentium 233 MHz с 64 MB SDRAM PC-100. Время выполнения этапов приведено на рис. 1, полученное изображение - на рис. 2а.

В качестве недостатков, присущих методу, можно отметить возможность генерации ложных теней при узких секторах, а с другой стороны - существенную зависимость качества синтезированного изображения от количества секторов, что в свою очередь сильно отражается на времени синтеза.

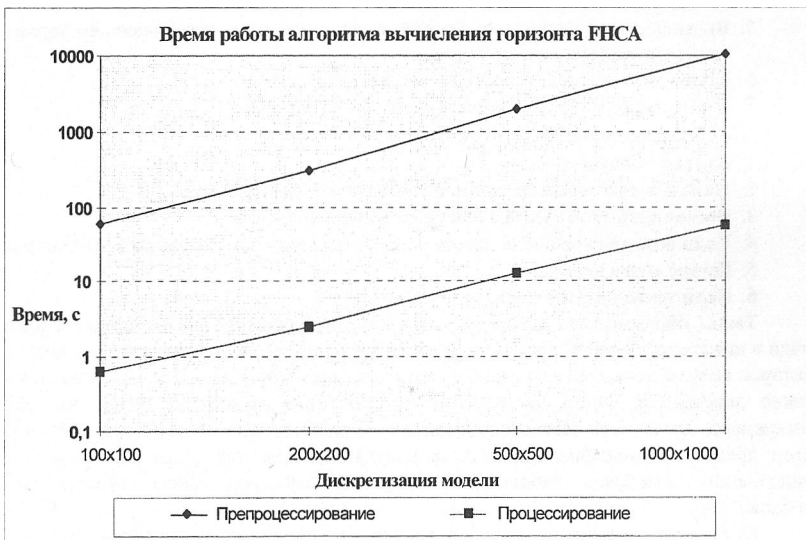


Рисунок 1 - Время реализации алгоритма FHCA

2. Сравнительный анализ алгоритмов FHCA и MPA

Сравним эффективность алгоритмов FHCA и MPA [2,3]. Алгоритмы преследуют одну и ту же цель - быстрое определение видимости точки поверхности и расчет ее освещенности. Существенно различен способ ее реализации - в алгоритме FHCA рассматривается видимость наблюдателя и источника освещения из каждой точки поверхности, что приводит к существенным затратам времени (рис. 1), часть из которых, однако, может быть выполнена на этапе предварительной подготовки, в алгоритме MPA - определяется видимость точек поверхности из точки освещения и наблюдения, при этом точки поверхности пространственно преобразованы для быстрого определения их взаимоперекрытия, что приводит к образованию теневой маски, признака видимости точек и дальнейшей их визуализации в порядке развертки. При этом все вычисления производятся в процессе рендеринга. Пример синтезированных изображений алгоритмами приведен на рис. 2. Время реализации MPA и процессирования алгоритма FHCA с источником света показано на рис. 3.

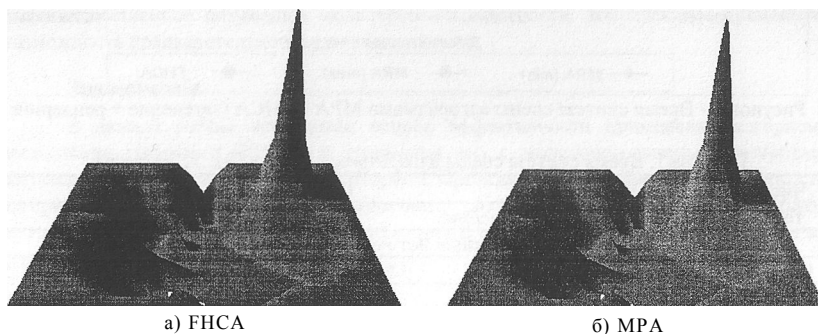


Рисунок 2 - Пример синтезированного изображения

Произведем оценку эффективности алгоритмов путем анализа их временной сложности для различных случаев представления визуальной обстановки. Данные моделирования представлены в сводной таблице 1. Рассмотрим следующие случаи:

А) Имеется 1 неподвижный источник освещения.

Для алгоритма FHCA оценка производится по формулам 1 и 2, для MPA - на этапе преобработки выполняется расчет затенения [2,3].

Б) Имеется 1 подвижный источник освещения (динамическое перемещение).

Для алгоритма FHCA оценка - та же, для MPA необходим полный пересчет теневой маски.

В) Имеется несколько (**n**) неподвижных источников освещения.

Для алгоритма FHCA время на этапе рендеринга увеличивается в **n** раз, для MPA увеличивается в **n** раз время обработки на подготовительном этапе.

Г) Имеется **n** подвижных источников освещения (динамическое перемещение).

Для алгоритма FHCA время на этапе рендеринга увеличивается в **n** раз, для MPA увеличивается время обработки, включающее пересчет теневых масок от источников света (в **n** раз), выполняемое на этапе рендеринга, плюс время определения видимости.

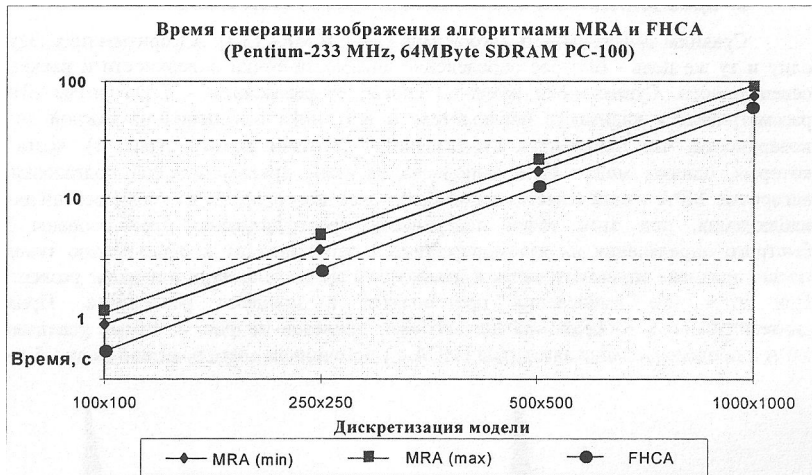


Рисунок 3 - Время синтеза сцены алгоритмами MPA и FHCA (затенение + рендеринг).

Таблица 1. Время синтеза сцены алгоритмами MPA и FHCA, секунды

Число точек	FHCA		MPA	
	Препроцессор	Рендеринг	Препроцессор	Рендеринг
1 неподвижный источник освещения				
100x100	43	0,63	0,2	1,5
250x250	215	2,5	0,8	6,25
500x500	1425	10	3,2	24
1000x1000	95551	58	12,8	96
1 подвижный источник освещения				
100x100	43	0,63	-	1,5
250x250	215	2,5	-	6,25
500x500	1425	10	-	24
1000x1000	95551	58	-	108,8
3 неподвижных источника освещения				
100x100	43	1,55	0,6	1,5
250x250	215	7,06	2,4	6,25
500x500	1425	31,6	9,6	24
1000x1000	95551	140,8	38,4	96
3 подвижных источника освещения				
100x100	43	1,55	-	2,1
250x250	215	7,06	-	8,65
500x500	1425	31,6	-	33,6
1000x1000	95551	140,8	-	134,4

Д) Имеются подвижные и неподвижные источники освещения.
Для этого случая можно экстраполировать данные вариантов А - Г.

3. Выводы и рекомендации по применению алгоритмов

В результате выполненных оценок можно сделать вывод о том, что новый FHCA- алгоритм не дает преимуществ в скорости работы по сравнению с MPA- алгоритмом, и не годится в качестве средства, обеспечивающего быстрый динамический рендеринг при визуальном моделировании реальных местностей. Для этих целей более всего подходит MPA- алгоритм, особенно в случае наличия средств аппаратной поддержки (реальное время). В качестве дополнительных достоинств MPA можно назвать простоту реализации и простоту фототекстурирования местности.

В качестве достоинств алгоритма FHCA можно назвать вынесение основных вычислений на этап препроцессирования, возможность детального расчета освещения, особенно как начальный этап для метода излучательности при моделировании устилающей поверхности. В связи с этим, рекомендуемая область применения метода - высококачественное визуальное моделирование местности, допускающее временную возможность предварительной подготовки модели.

Заключение

В данной работе исследован вопрос эффективности применения алгоритма вычисления горизонта (FHCA) и сравнения его с модифицированным растровым алгоритмом (MPA), разработанным авторами. Приведены оценки временной сложности алгоритмов в зависимости от различных случаев моделирования визуальной обстановки. Указаны преимущественные стороны алгоритмов и возможные области их применения.

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. 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.-
3. 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.
4. 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.
5. 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.-p. 12-25.