

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НЕПРЕДВЗЯТОГО 3D-РЕНДЕРИНГА С ИНТЕГРАЦИЕЙ УСКОРЯЮЩИХ СТРУКТУР ДЛЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ

**DEVELOPMENT OF AN UNBIASED 3D
RENDERING ALGORITHM WITH
INTEGRATION OF ACCELERATING
STRUCTURES FOR PARALLELIZATION
OF PROCESSING PROCESSES**

**P. Fedorov
A. Fedorov**

Summary. The question of improving the reliability and accuracy of measurement results in the context of reducing the average size of the elements in the product requires constant improvement of the set of techniques used in the disassembly of the products in the process of inter-operational control with the help of ACS. For a high degree of automation of such production lines, it is necessary, among other things, to improve the technique of unbiased 3D rendering with the integration of accelerating structures for parallelization of processes.

Keywords: 3D rendering, increasing the accuracy of measurements, ASC, algorithms, parallel data processing.

Федоров Петр Алексеевич

*К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»
mail@fedorov-p.ru*

Федоров Алексей Роальдович

*К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»
af123@yandex.ru*

Аннотация. Вопрос повышения достоверности и точности результатов измерений в контексте уменьшения среднего размера элементов в изделии требует постоянного улучшения комплекса методик используемых при разбраковке изделий МЭ в процессе межоперационного контроля с помощью АСК. Для высокой степени автоматизации таких производственных линий требуется, в том числе, усовершенствовать методику непредвзятого 3D-рендеринга с интеграцией ускоряющих структур для распараллеливания процессов.

Ключевые слова: 3D-рендеринг, повышение достоверности измерений, АСК, алгоритмы, параллельная обработка данных.

С учетом малых (относительно возможностей измерительной аппаратуры) размеров элементов и использования при производстве таких технологий как, например, ионная имплантация процесс разбраковки для корректировки конкретного тех процесса требует получения полноценной 3D сцены анализируемого участка. Таким образом рассматриваемый участок сцены должен строиться с помощью алгоритма с высокой степенью параллелизации процесса построения элементов структуры "по запросу". Согласно [1] для целей трассировки лучей при восстановлении микроповерхностей оправдано использование алгоритма трассировки путей по методу Монте — Карло. Для эффективного использования данного алгоритма при решении описываемых задач требуется выбор подходящей ускоряющей структуры, обеспечивающей высокую скорость обработки и достаточную точность при работе с объемами сложной геометрии. Изначально, в качестве узлов дерева ускоряющей структуры было использовано AABV со схемой разбиения "по центру". Но в ходе апробации выяснилось, что исследуемые образцы часто имеют сложную форму в силу нарушений в технологическом процессе, и такие объемы имеет смысл моделировать с помощью k-DOP структуры на восемнадцать огра-

ничивающих плоскостей (против шести у AABV). Предлагаемый алгоритм разбиения представлен на рис. 1. Данный алгоритм производит сортировку полигонов в подходящую для параллельной обработки структуру. Поскольку k-DOP является общим случаем AABV, то общий механизм разбиения остается прежним, лишь увеличивается количество ограничивающих плоскостей (рис 2.). Таким образом

Для описания механизма разбиения можно рассмотреть AABV. Точкой разбиения AABV является центр максимального измерения трассируемого подмножества сцены. Таким образом, полигоны подмножества переносятся соответственно их расположению относительно границы: одни в "левое" подмножество исходного AABV, другие — в "правое". Что позволяет использовать такую сортировку в рамках исходной идеи мультипараллелизма. Также такой подход считается достаточно гибким, так как большая часть модифицированных схем разбиения узлов ускоряющих структур базируется на идее использования сортировки, причем в некоторых случаях более одного раза за одно разбиение.[2]

Полученный в ходе разбиения исходного AABV порядок сортировки полигонов в массиве дает такое упоряд-

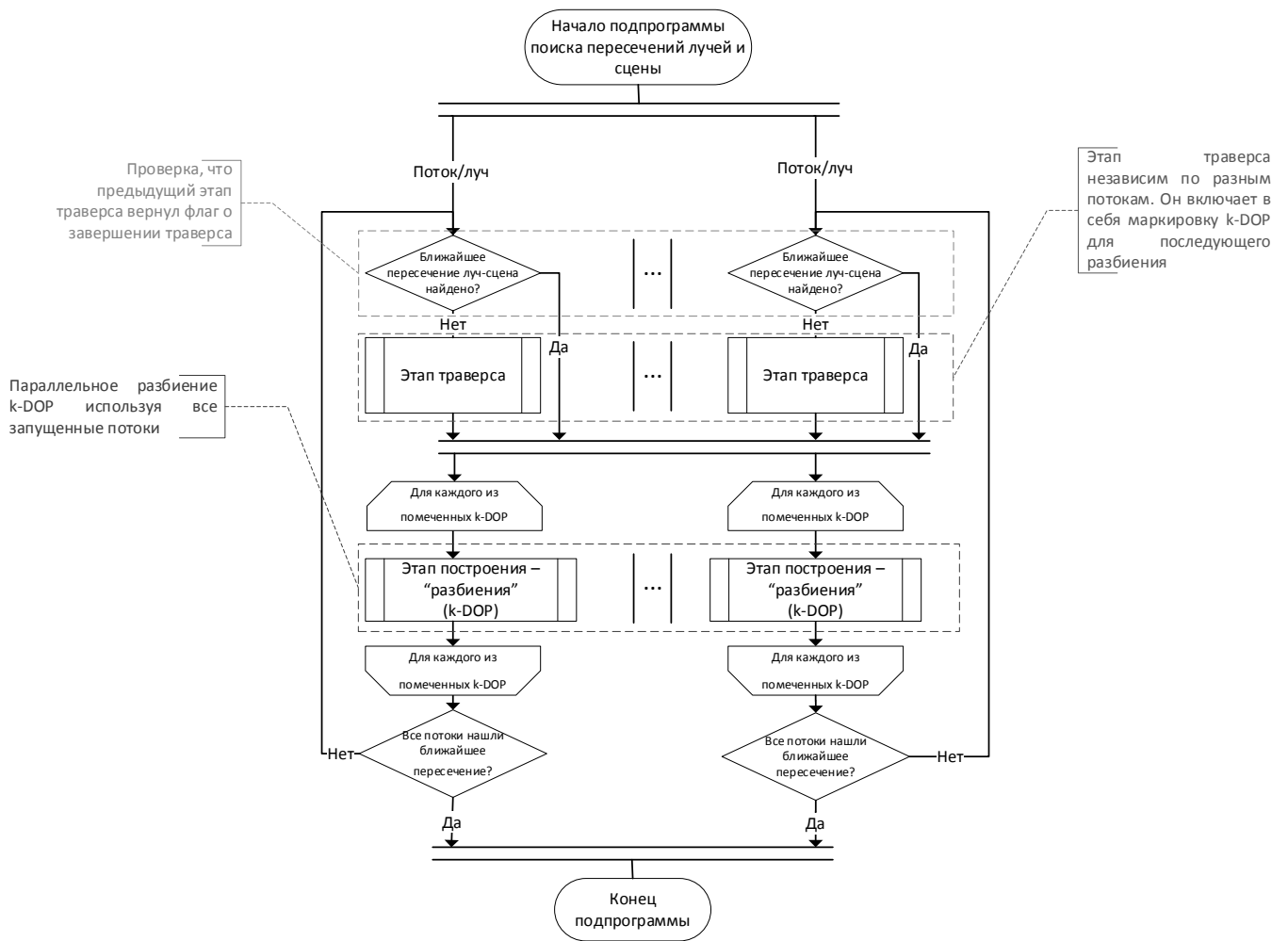


Рис. 1. Алгоритм адаптивного построения и трассера ускоряющей структуры. Подпрограмма основного цикла.

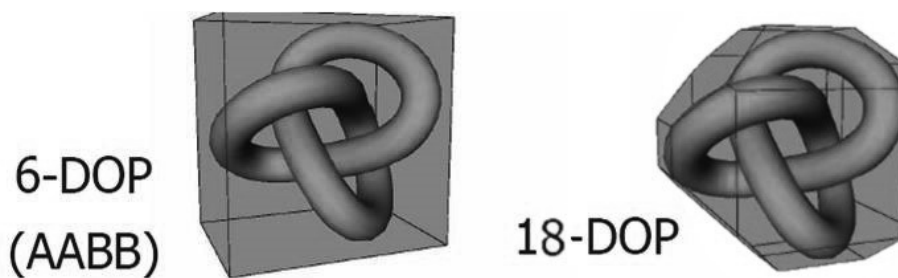


Рис. 2. Дискретно-ориентированный многогранник (k-DOP).

дочивание, которое позволяет точно отнести элементы соответственно к левому и правому потомкам. Следовательно, для вычисления размера конкретного объекта из числа потомков, требуется определить значения максимальной и минимальной координат из набора вершин полигонов исследуемого потомка.

Кажущийся излишним и неразумным дополнительный просмотр исходного массива полигонов после выполненного во время сортировки, тем не менее, крайне необходим, ибо проведение этих операций за один проход технически невозможно. Необходимость такого «прохода» обусловлена тем, что информация об взаим-

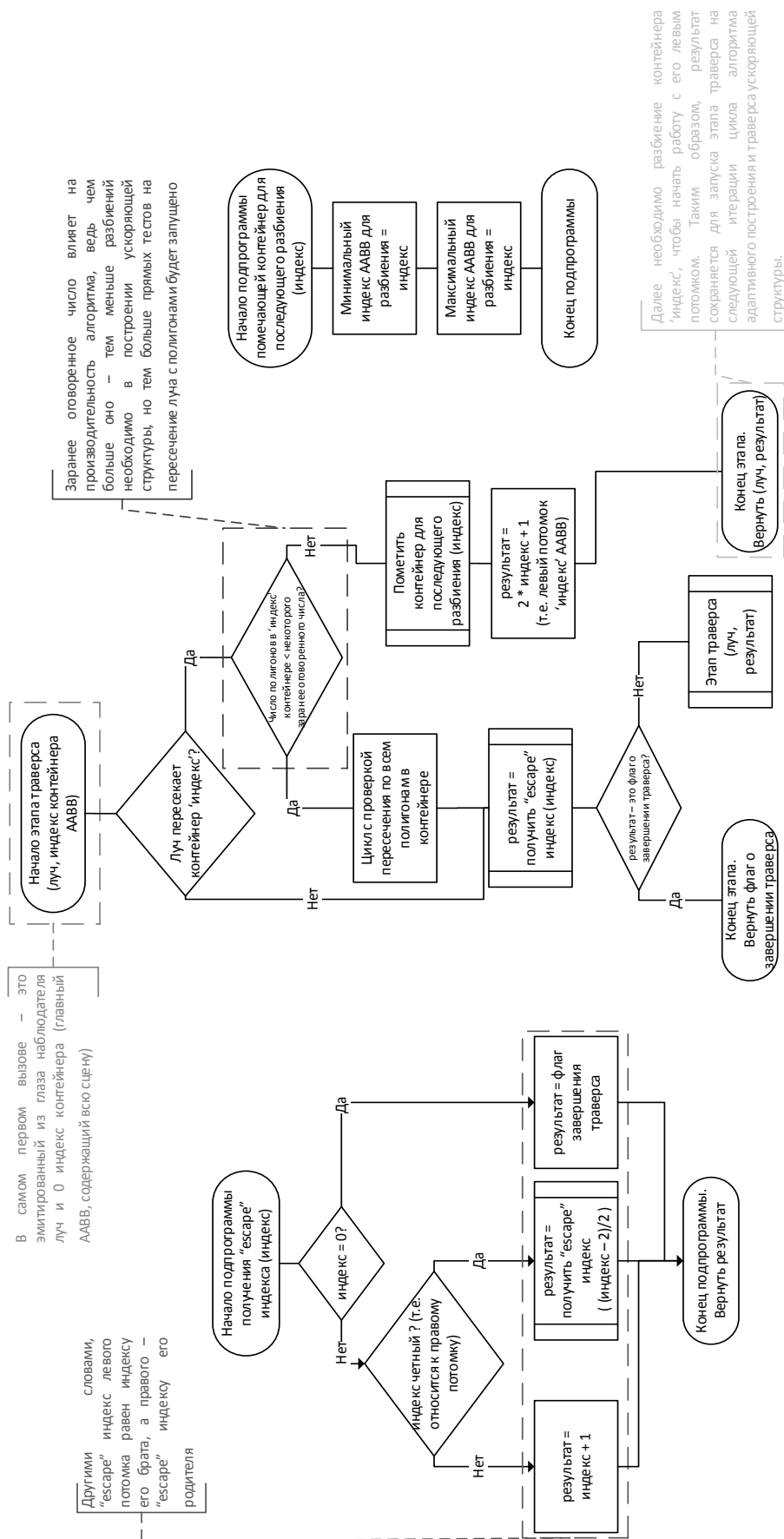


Рис. 3. Схема безостекового алгоритма трассировки ускоряющей структуры

ном отношении полигонов — какой полигон относится к конкретному потомку — формируется именно на этапе сортировки. В это же время вычисляется размер конкретного потомка. И эта особенность процесса предопределяет необходимость глобальной синхронизации потоков для выполнения функции вычисления размеров обоих потомков.

Особенность алгоритма определения размеров потомков заключается в том, что вычисления проводят не над полигонами, а над их AABV. Размеры AABV используют для вычисления минимумов и максимумов координат вершин для всех полигонов. Вся эта информация должна сохраняться в специальном массиве. Над ним и будут проводиться все дальнейшие операции. Это позволяет на каждом вызове функции вычисления AABV полигонов при разбиении родителя, а затем потомка, вызываемого несколько раз, не повторять однотипные вычисления.

Отличие процесса траверса ускоряющей структуры сцены от алгоритма разбиения заключается в том, что он независим как для трассируемых путей так и для их потоков. Так как главная задача траверса потока заключается в поиске узлов структуры, которые представляют «интерес» для конкретного луча, то луч должен иметь возможность пометить эти узлы для дальнейшего разбиения, учитывая тот факт, что эти узлы могут быть еще не построены. Алгоритм траверса ускоряющей структуры показан на рис. 3.

Алгоритм не использует стека. Он использует специальную информацию неявно содержащуюся в дереве управляющей структуры. Регулярность и особенность нумерации AABV узлов дерева: детям узла с номером N присваиваются номера — $2 * N + 1$ (левый) и $2 * N + 2$ (правый). Главному AABV, содержащему всю сцену, соответствует номер 0.

Несмотря на необходимость выделения памяти под полное дерево ускоряющей структуры непосредственно в начале работы алгоритма (несмотря на отсутствие самой структуры), принятая регулярность нумерации узлов дерева дает возможность не использовать стек

для хранения указателей на узлы дерева, а обращаться к ним следуя индексам.

Ограничения, возникающие из-за размера стека ГП, являются не только решающим фактором, повлиявшим на выбор безстекового метода при разработке алгоритма траверса, — при разработке алгоритма «маркировки» узлов сцены, участвующих в процессе дальнейшего разбиения, этот фактор также оказался значимым. Несмотря на то, что в классическом варианте хранения индексов рассматриваемых лучей узлов при разбиении используется стек, так как в этом случае каждый поток добавляет в него выбранные во время траверса узлы, а при завершении этапа синхронизации, то есть на этапе разбиения, последовательно извлекает эти узлы для построения, — при достаточно сложной сцене количество узлов может превышать размер стека. С целью снижения влияния этого ограничения предложено следующее.

1. В структуру данных узла добавить логический флаг, фиксирующий потребность перенесения рассматриваемого узла на нижеследующий уровень этапа «разбиения» при продолжении цикла «траверс-разбиение». При этом очевидно, что изменение структуры данных необходимо, но недостаточно для достижения требуемых параметров, так как для выявления не окончательных узлов требуется полный просмотр ускоряющей структуры при каждом проходе. Что увеличивает накладные расходы на хранение поскольку архитектурные особенности VVDеревьев предполагают хранение всей структуры начиная с корневого узла и, следовательно, затраты на сам проход.
2. Для сокращения глубины такого прохода по массиву узлов дерева требуется использовать парные переменные, содержащие максимальный и минимальный индекс k -DOP среди рассматриваемых на текущем проходе. Использование такой методики позволяет значительно снизить затраты на каждый проход, например, на первом шаге в этой паре будет храниться только начальный индекс, а обрабатываться лишь основной узел дерева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andrew Alvarado, Hsing-Yin Chang, Warren Nadvornick et al. Monte Carlo raytracing method for calculating secondary electron emission from micro-architected surfaces // Applied Surface Science Volume 478, 1 June 2019, Pages 142–149
2. Hachisuka Toshiya Implementing a Photorealistic Rendering System using GLSL // ArXiv 22.05.2015 URL: arXiv:1505.06022
3. Nvidia. Nvidia IRAY FAQ. 2014. URL: http://area.autodesk.com/blogs/shane/the_iray_faq.
4. Боголепов Д.К., Турлапов В.Е., Ульянов Д.Я. Об одной реализации трассировки путей для графического процессора. НГГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия: Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2013. С. 42–46.
5. Georgiev Iliyan, K'riv' anek Jaroslav, Slusallek Philipp. Bidirectional light transport with vertex merging // SIGGRAPH Asia 2011 Sketches. SA '11. New York, NY, USA: ACM, 2011. P. 27:1–27:2. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2077378.2077412>.

6. Veach Eric, Guibas Leonidas J. Metropolis light transport // Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. SIGGRAPH '97. New York, NY, USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1997. P. 65–76. URL: <http://dx.doi.org/10.1145/258734.258775>.
7. Hachisuka Toshiya, Jensen Henrik Wann. Parallel progressive photon mapping on GPUs // ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Sketches. SA '10. New York, NY, USA: ACM, 2010. P. 54:1–54:1. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1899950.1900004>.
8. Козлов Д. Модель взаимодействия света с прозрачными кристаллами для фотореалистического рендеринга: Кандидатская диссертация. Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия: Новосибирск, 2014.
9. Федоров П. А. Особенности разработки алгоритмов 3D-рендеринга для графических процессоров, использующих технологию CUDA. XIX Международная научно-практическая конференция «Современные концепции научных исследований» Москва 30–31 октября 2015. Европейский союз ученых. 10(19) 2015. Технические науки. С. 149–152.

© Федоров Петр Алексеевич (mail@fedorov-p.ru), Федоров Алексей Роальдович (af123@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»