

7. Головня Б.П. Метод нахождения чисельного розв'язку двовимірної оберненої задачі теплопровідності. [Текст] / Б.П. Головня, В.В. Хайдуrow. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: «Технічні науки». №2 – 2015, С.49-56.
8. Шимкович Д.Г. Инженерный анализ методом конечных элементов. / Д.Г. Шимкович – М.: ДМК Пресс, 2008. – 701 с.

Поступила 25.09.2017р.

УДК 621.3 : 004.93

А.С. Огир, В.В. Душеба, Е.А. Огир, Киев

ОБРАБОТКА И ВЫВОД ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕФЕКТОВ ОБЪЕКТОВ И СРЕД С ПОМОЩЬЮ ГРАФИЧЕСКИХ АДАПТЕРОВ

Abstract. Imaging is an important step in the systems echoscopy. The quality of the image processing depends on the quality and recognizability of defects in the output acoustic image of the object. The differentiation of tasks on two levels allows full use of hardware and software graphics cards to address them. Elaboration algorithms and programs imaging in holographic imaging system, using hardware and software graphics cards – this vertex and pixel shaders.

Введение. Результатом работы систем дефектоскопии, ультразвуковой медицинской диагностики, эхолокационных и других подобных систем является визуальное изображение дефектов среды или диагностируемого объекта. Качество полученного изображения определяет пространственная и контрастная разрешающая способность системы. Разрешающая способность зависит от типа системы, частоты зондирующего импульса, размера и типа датчиков, алгоритма обработки полученного сигнала и множества других параметров, в числе которых важное место занимают алгоритмы обработки изображения при выводе на экран.

В современных системах ультразвуковой эхоскопии на стадии вывода полученного изображения на видеозэкран необходимо решать такие задачи как: *реконструкция геометрической формы изображения* в соответствии с направлением распространения зондирующих импульсов и форматом представления данных в системе; *улучшение качества изображения* с помощью различных операций преобразования растрового изображения – интерполяции, наложение фильтров резкости, подчеркивания границ, других специфических фильтров.

Так как вывод изображения осуществляется в режиме реального времени, то обе задачи являются достаточно ресурсоемкими. Центральные процессоры современных вычислительных систем далеко не в полной мере

могут справиться с расчетом задач в реальном времени, особенно при применении сложных растровых фильтров, или при их комбинациях [1 – 3].

Отметим, что в задаче первого уровня в результате решения необходимо изменять координаты точек (пикселей) выводимого изображения, а при решении задачи второго уровня изменяется значение интенсивности пикселей изображения. Именно это принципиальное различие позволяет разбить весь комплекс преобразований изображений на две отдельные задачи, решаемые последовательно.

С появлением видеоускорителей стало возможным решать первую задачу, используя аппаратные средства видеоадаптера. А с появлением пиксельных шейдеров (специальных подпрограмм, выполняемых графическим адаптером), и особенно после начала выпуска видеоадаптеров, поддерживающих шейдерную модель 2.0, стало возможным осуществлять также и преобразования растровых изображений в реальном времени средствами графического адаптера.

Задачу второго уровня при выводе изображения неоднородностей среды на экран является улучшение качества изображения. Обычно разрешение монитора значительно превышает размеры описанного выше массива яркостей точек растровых линий. При выводе изображения на экран его необходимо увеличивать до размеров окна вывода. Такое увеличение ведет к существенной потере качества изображения, для компенсации которого, а также для увеличения информативности выводимого изображения, используют следующие методы [1, 2]:

- изменение яркости и контрастности изображения
- применение различной интерполяции
- использование сглаживающего фильтра и наложение медианного
- применение оператора Собеля и Превита для усиления края
- использование других растровых фильтров и операторов
- цветное картирование изображения

Для решения задач восстановления геометрии изображения и улучшения его качества существует необходимость применения графических адаптеров в качестве дополнительных вычислительных устройств.

Современные видеоадаптеры выполнены в виде отдельной платы, или интегрированы в материнскую плату. Обмен данными с персональным компьютером происходит обычно посредством шины PCI Express, программная модель которой во многом унаследована от шины PCI, и высокопроизводительный физический протокол, основанный на последовательной передаче данных [4 – 6].

Интегральная микросхема GPU (Graphic Processor Unit), выполненная по 90-40 нм технологии, включает до 1,5 млрд. транзисторов, и работает на тактовой частоте порядка 1 ГГц. На структурном уровне GPU состоит из 32-256 конвейеров, работающих параллельно. Конвейеры включают векторные/текстурные/универсальные процессорные блоки, блоки блендинга

и другие специфические блоки, выполняющие алгоритмы преобразования изображений. Такая особенность архитектуры позволяет обрабатывать информацию параллельно, что и является главной отличительной чертой по сравнению с центральными процессорами (CPU – Central Processor Unit). Именно посредством параллельной обработки информации и достигается значительный прирост производительности в задачах обработки видеоизображения, по сравнению с CPU. Платой за такой прирост производительности без увеличения количества транзисторов в микросхеме является укороченный набор выполняемых процессором инструкций, относительно небольшой размер выполняемых программ, а также то, что одна группа конвейеров может одновременно выполнять только один и тот же набор инструкций (программу). Однако для задач обработки массивов видеоинформации преимущество в производительности значительно важнее указанных ограничений.

Приведенные выше особенности видеоадаптеров позволяют широко применять процессоры графических адаптеров, помимо задач обработки изображений, для различных физических, химических и других научных расчетов.

Программная модель работы графического адаптера. Фактически, на сегодняшний день все выпускаемые видеоадаптеры обладают достаточной производительностью для решения задач восстановления геометрии и улучшения изображения.

С точки зрения разработчика приложений, выполняемых на графическом процессоре, программную модель работы графического адаптера можно представить как работу нескольких параллельных потоков – конвейеров обработки информации [4, 6, 7]. Блок-схема конвейера представлена на рис. 1.

Входной информацией при обработке каждого кадра можно считать:

- Вершинный буфер – хранящийся в памяти видеоадаптера массив векторов, для построения геометрической конфигурации объекта вывода.
- Индексный буфер – хранящаяся в видеопамати последовательность (индексы) векторов, в этой последовательности происходит построение объекта.
- Текстуры – массивы растровой информации о цвете и степени прозрачности плоскостей выводимого объекта.

Преобразование растровой информации осуществляет еще одна пользовательская подпрограмма – пиксельный шейдер. В пиксельном шейдере есть возможность непосредственно менять цветовые составляющие каждого выводимого пикселя. Эта функция может быть использована для наложения различных фильтров на выводимое в реальном времени изображение, например для увеличения резкости, подчеркивания границ и реализации тому подобных эффектов.

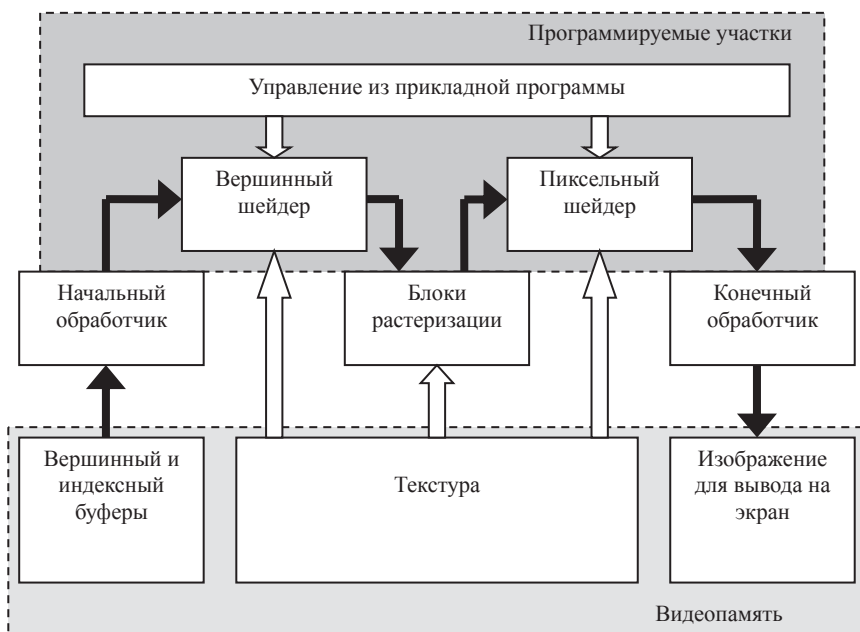


Рис. 1. Работа конвейера графического адаптера

Для написания программ, используемых графическим адаптером, разработан специальный язык высокого уровня HLSL (High Level Shading Language). Язык поддерживает скалярные, векторные и структурные типы данных, арифметические и логические операторы, операторы циклов и ветвлений. Синтаксис HLSL во многом схож с синтаксисом языка C. Особо стоит отметить богатство математических функций языка, что естественно, поскольку основной задачей языка является описание математических алгоритмов преобразования векторной и растровой информации о выводимом изображении [7 – 9].

Проводимое преобразование касается исключительно положения пикселей на экране, то есть векторной составляющей выводимого изображения. Такая особенность позволяет использовать для решения подпрограмму вершинного шейдера.

Входной информацией для преобразования являются массив точек растровых линий сканирования, данные о количестве пикселей в растровой линии и о количестве растровых линий в кадре, а также величина угла сканирования.

Для сохранения формы неоднородностей среды и вывода изображения на экран необходимо провести *обратное преобразование геометрической формы*. На рис. 2 показан смысл такого преобразования выводимого изображения. Здесь предполагается, что геометрический центр линейной

решетки датчиков находится в начале координат. Тогда направление распространения зондирующего импульса, и точка пересечения его с дефектом (неоднородностью среды) располагаются, как показано на рисунке. Фактически, входными данными для системы обработки информации являются n – номер растровой линии, и m – номер точки на растровой линии.

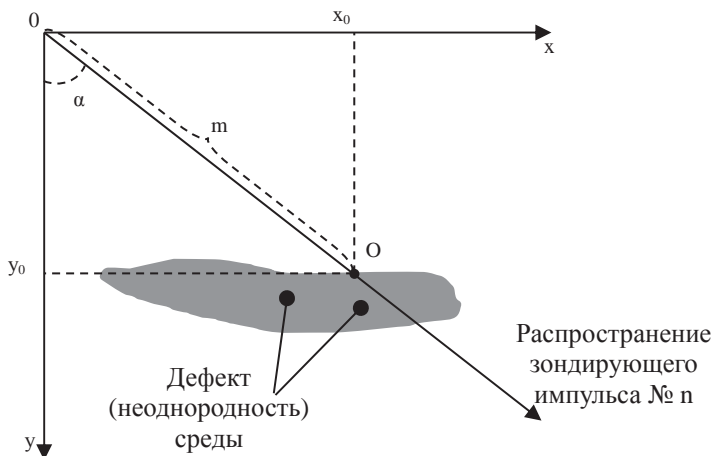


Рис. 2. Преобразование геометрического положения точек при выводе на экран монитора

Зная количество растровых линий и общий угол сканирования данного типа системы УЗ эхоскопии, несложно также рассчитать угол α между направлением зондирующего импульса № n , и направлением оси ординат:

$$\alpha = \frac{A}{N} \cdot n - \frac{A}{2},$$

где A – общий угол сканирования данной системы УЗ дефектоскопии,
 N – количество растровых линий (зондирующих импульсов),
 n – номер растровой линии.

С другой стороны, для вывода на экран оператора необходимо использовать прямоугольную систему координат (x, y) (в компьютерной графике принято направлять ось ординат вниз). Тогда задачу восстановления геометрии изображения можно свести к соответствующему преобразованию координат (n, m) в (x, y) :

$$\{n, m\} \rightarrow \{x, y\}.$$

Так как координаты x_0, y_0 являются проекциями m на оси x, y , то можно записать

$$x = m \cdot \sin(\alpha)$$

$$y = m \cdot \cos(\alpha)$$

Используя приведенные выше формулы, получаем однозначное преобразование координат массива точек растровых линий в физические координаты пикселя на экране видеомонитора.

Второй особенностью преобразования геометрической формы изображения является то, что, поскольку преобразование проводится средствами графического адаптера, при решении мы вынуждены оперировать единицей представления векторной информации для графического адаптера – треугольником (геометрический примитив) [8].

На рис. 3 показано, как достаточно сложная геометрическая фигура разбивается на треугольники. Далее достаточно рассчитать и указать графическому адаптеру лишь координаты вершин треугольников, а расчет координат всех остальных точек выполнится адаптером автоматически. Для реализации преобразования удобно использовать вершинный шейдер [8, 9].

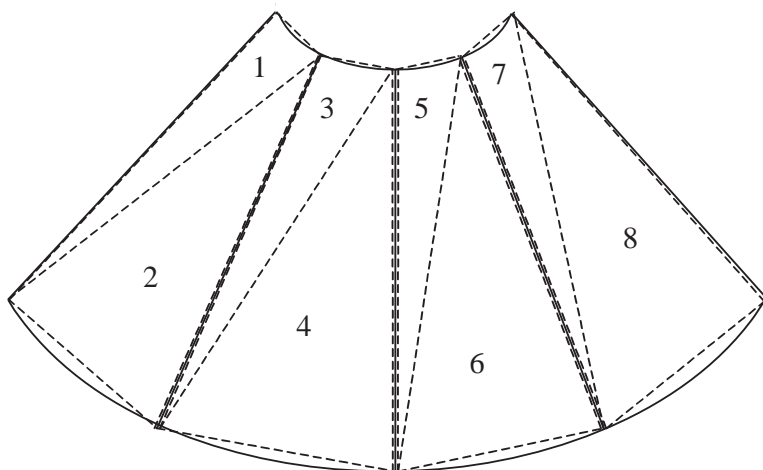


Рис. 3. Разложение на примитивы сложной геометрической фигуры

Следует заметить, что современные графические адаптеры вполне справляются с расчетом фигуры, состоящей из 256 треугольников. Разбивка на большее количество примитивов нецелесообразна, так как при разрешениях, используемых в системах ультразвуковой эхоскопии, дальнейшее увеличение количества примитивов не ведет к улучшению качества восстановления геометрии изображений дефектов.

Кроме изменения геометрических параметров выводимого изображения, в системах УЗ дефектоскопии приходится решать еще группу задач, связанную с изменением яркости пикселей выводимого изображения.

В современных графических адаптерах на аппаратном уровне реализована возможность проводить интерполяцию в процессе вывода изображений на экран. Поддерживаются интерполяция методами ближайшего соседа, линейная, билинейная и бикубическая. Применение бикубической интерполяции позволяет достигнуть наивысшего качества изображения. Увеличенное с помощью такого метода изображение неоднородностей (дефектов) среды или диагностируемого объекта сохраняет четкость границ неоднородностей, линии плавные, а не ступенчатые, но вместе с тем распадаения изображения на пиксели не происходит.

Описанные свойства растровых фильтров позволяют в полной мере использовать пиксельные шейдеры графических адаптеров [6 – 9], и, соответственно, проводить обработку информации в реальном времени.

Заметим, что операция, заключающаяся в последовательном применении двух или более фильтров, тоже является фильтрацией. Таким образом, можно говорить о составных фильтрах, соответствующих комбинациям простых.

Будем считать, что задано исходное полутоновое изображение A , и обозначим интенсивности его пикселей $A(x, y)$. Растровый (линейный растровый) фильтр определяется некоторой функцией F , заданной на растре. Данная функция называется ядром фильтра, а сама фильтрация производится при помощи операции дискретной свертки (взвешенного суммирования).

$$B(x, y) = \sum_i \sum_j F(i, j) \cdot A(x+i, y+j)$$

Результатом служит изображение B . Обычно ядро фильтра отлично от нуля только в некоторой окрестности N точки (x, y) . За пределами же этой окрестности $F(i, j)$ или в точности равно нулю, или очень близко к нему, так что можно им пренебречь. Суммирование в (3.1) производится по $(i, j) \in N$, и значение каждого пикселя $B(x, y)$ определяется пикселями изображения A , которые лежат в окне N , центрированном в точке (x, y) .

Для систем эхоскопии целесообразным является применение прямоугольного сглаживающего, Гауссовского, медианного фильтров, а также фильтров повышения резкости и выделения границ [1, 2].

$$F(i, j) = \frac{1}{(2r+1)^2}$$

(фильтр прямоугольного сглаживания)

$$F(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}}$$

(фильтр Гаусса)

$$F = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

(фильтр повышения резкости)

$$F = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(фильтр для выделения границ)

Таким образом, формирование изображений является важным этапом в работе систем эхоскопии. От качества обработки изображения во многом зависит качество и распознаваемость неоднородностей (дефектов) в выводимом акустическом изображении объекта сканирования, что является определяющим фактором при их интерпретации в медицинских технических системах диагностики [10].

Выводы. Решение задачи визуализации изображения дефектов среды или диагностируемого объекта путем разделения на два уровня – преобразование геометрии выводимого изображения и улучшение качества выводимого изображения – позволяет в полной мере использовать структурно-функциональные особенности аппаратно-программных средств графических адаптеров. Выбор методов улучшения качества изображений обусловлен спецификой изображений, типичных для систем эхоскопии медицинского назначения, и требованием обеспечения оперативности вычислений в режиме реального времени регистрации и обработки информации.

1. Кравченко В.Ф. Цифровая обработка сигналов и изображений / В.Ф. Кравченко. – М.:Физматлит, 2007. – 552 с.

2. *Gonzalez R.C.* Digital Image Processing 3rd edition / R.C. Gonzalez, R.E. Woods.– Pearson Prentice Hall, 2008.– 954 p.
3. *Евдокимов В.Ф.* О построении системы ультразвукового контроля конструкционных материалов объектов энергетики и машиностроения / В.Ф. Евдокимов, А.С. Огир // Электронное моделирование. 2001. – Т.23, №5.– С.85-90.
4. *Merigot A.* Parallel processing for image and video processing: Issues and challenges / A. Merigot and A. Petrosino // Parallel Computing. – 2008. – Vol. 34. – P.694-699.
5. *Micikevicius P.* GPU Performance Analysis and Optimization // GPU Technology Conference 2012, NVIDIA.
6. *M. Rofouei, T. Stathopoulos, S. Ryffel, W. Kaiser, and M. Sarrafzadeh.* Energy-Aware High Performance Computing with Graphic Processing Units. // In Proceedings of the 2008 conference on Power aware computing and systems, p. 11-11. USENIX Association, 2008.
7. *Wolfgang E.* ShaderX3: Advanced Rendering with DirectX and OpenGL / Engel Wolfgang.– Charles River Media, 2004.– 654 с.
8. *Горнаков С. Г.* Инструментальные средства программирования и отладки шейдеров в DirectX и OpenGL / С.Г. Горнаков.– С-П.: БХВ-Петербург, 2005.– 256 с.
9. *Боресков А. В.* Разработка и отладка шейдеров / А.В. Боресков.– С-П.: БХВ-Петербург, 2006.– 488 с.
10. *Калашник Д.А.* Медицинские приборы. Разработка и применение / Д.А. Калашник и др. – М.: Стормовъ-Медицина, 2004. – 241 с.

Поступила 12.10.2017р.

УДК 004.056:004.75

М.Р. Шабан, Київ

ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТУ РЕГУЛЯРНИХ ВИРАЗИВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ ЗАХИСТУ

Abstract. A regular expression (sometimes called a rational expression) is, in theoretical computer science and formal language theory, a sequence of characters that define a search pattern. Usually this pattern is then used by string searching algorithms for "find" or "find and replace" operations on strings.

Вступ

Регулярні вирази – засіб пошуку по тексту на основі шаблонів. Шаблон описує закономірність, який повинен підкорятися шуканій послідовності символів в тексті.

Для визначення доцільності застосування функціональних послуг безпеки (ФПБ) [1] в інформаційних системах здійснюється експертиза системи захисту інформації на об'єкті. В процесі експертизи оцінюється рівні інформації, що оброблюються в системі і оцінюються ризики її втрати,