

ОРГАНИЗАЦИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ СИНТЕЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ С КОМПОЗИЦИЕЙ КАДРА

Башков Е.А.,

Кафедра ПМиИ, ДонГТУ

bashkov@pmi.donetsk.ua

Abstract

Bashkov E. A. Organization of the multichannel systems of image synthesis with a frame composition. The problems on organization of calculations in a multichannel image generation system are considered. The system consists of a set of rendering channels and a special post processor, forming a composite image. It is shown, that the system has a series of positive properties, among which principal - increased performance of image synthesis.

1. Концепция многоканальной системы синтеза изображений

Анализ архитектур вычислительных комплексов имитаторов визуальной обстановки (ИВО) и алгоритмов их функционирования, показывает, что удовлетворение непрерывно ужесточающихся требований по производительности систем синтеза изображений ИВО возможно за счет применения все более глубокого распараллеливания вычислительного процесса на всех этапах и уровнях. Принципы распараллеливания и конвейеризации вычислительных процессов рассмотрены и развиты в [1], [2], [3]. Совместное использование конвейеризации для синтеза изображений одиночного объекта и параллельности для обработки многообъектных сцен приводит к идее многоканальных систем синтеза изображений ИВО.

Концептуальная структура многоканальной системы синтеза изображений ИВО представлена на рис 1.

Система включает следующие вычислительного устройства.

Сценарный процессор (Пр.Т), обеспечивающий предварительную обработку сцены по составлению списка потенциально видимых объектов, сортировку их по приоритетам (в смысле важности отображения на экране) и/или дальности, уточнение уровня их детализации, формирование и направление для обработки заданий на синтез изображения того или иного объекта (субобъекта, примитива);

Память базы данных сцены (M(G), M(E)), в которой содержатся предварительно рассчитанные геометрические и энергетические параметры изображаемых объектов сцены;

Вектор каналов отрисовки, состоящий из N_C , может быть и принципиально различных устройств обработки, которые выполняют все необходимые операции по синтезу изображения указанного объекта или объектов с требуемой степенью детализации. Такое частичное изображение сцены, синтезированное одним каналом, будем называть далее канальным срезом изображения.

Канальное запоминающее устройство кадра (канальное ЗУ кадра, Зу.Ф) - N_C запоминающих устройств для хранения срезов изображения, которые синтезируются каждым отдельным каналом.

Процессор постобработки (Пр.Р) формирует окончательное изображение сцены как некую смесь срезов изображений с учетом их разрешения и взаимного расположения в пространстве кадра.

Видеоконтроллеры (ВКр) ЭЛТ образуют M_C устройств отображения - каналов вывода, причем $M_C \neq N_C$. Процессор постобработки направляет в видеоконтроллер некоторую часть полного изображения сцены, отображение которой возложено на данный канал вывода.

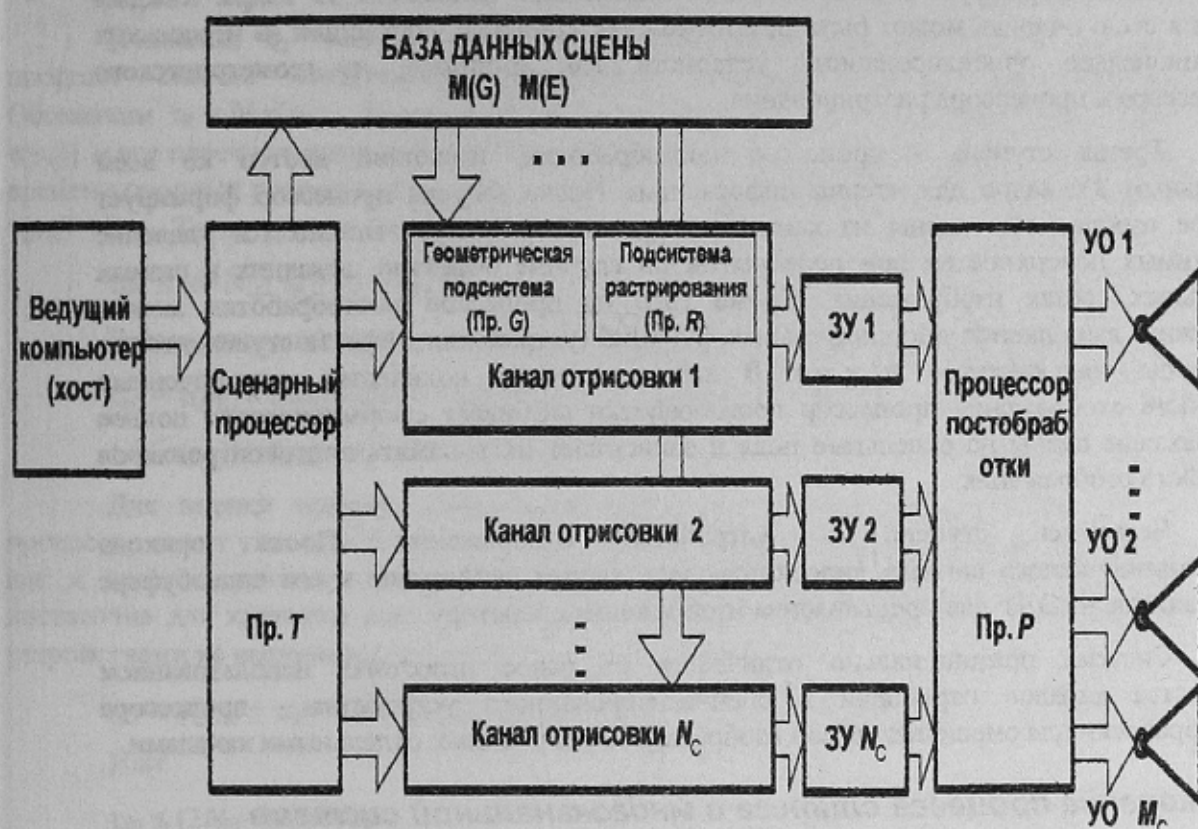


Рис. 1. Структура многоканальной системы синтеза изображений

Функционирование многоканальной системы синтеза, отвлекаясь от обсуждения особенностей того или иного метода генерации изображения и аппаратной реализации устройств, можно представить следующим образом.

Система работает в режиме покадровой синхронизации, то есть в моменты времени $t_f = fT_F$, $f = 0, 1, 2, \dots$, где T_F - период кадровой синхронизации, происходит принудительный запуск каждой ступени конвейера на обработку очередного кадра.

Сначала вычислитель ожидает синхронизирующий сигнал, затем читает данные из некоторого буфера, обрабатывает их в соответствии с заданным алгоритмом и записывает полученные результаты в буферную память следующего вычислителя.

Первая ступень конвейера - сценарный процессор, при каждом запуске принимает данные о положении P_{O_i} и ориентации O_{O_i} всех объектов сцены O_i , $i=1, 2, \dots, N_C$, включая огни, наблюдателя и т.п. По введенным данным рассчитываются все необходимые матрицы геометрических преобразований, выполняется предварительное удаление объектов, не попадающих в пирамиду видимости, и формируются списки $QO[k]$, $k = 1, 2, \dots, N_C$ объектов (или некоторых примитивов) для обработки в отдельных каналах системы, которые записываются в буферную память.

Вторая ступень конвейера - вектор параллельно работающих каналов отрисовки $S.ch[k]$, $k = 1, 2, \dots, N_C$. Активный канал считывает из входного буфера задание на генерацию изображения объекта (примитива) и обращается с запросом к базе данных для считывания геометрических и энергетических характеристик требуемого объекта. После выборки из памяти базы данных сцены геометрических и энергетических (не обязательно одновременно) параметров изображаемого объекта или примитивов

выполняется их обработка (геометрические преобразования, расчет освещенности, удаление невидимых поверхностей, растривание, закраска) с учетом принятого алгоритма синтеза и генерируется некоторая часть (срез) полного изображения сцены с заданным для канала разрешением.

Канал формирует свой срез в соответствующем канальном ЗУ кадра. Каждый канал в свою очередь может быть реализован как конвейер, состоящий из нескольких функционально ориентированных устройств, как минимум, из геометрического процессора и процессора растривания.

Третья ступень - процессор постобработки, имеющий доступ ко всем канальным ЗУ кадра для чтения информации. После запуска процессор формирует полное изображение сцены из канальных срезов, при этом выполняется удаление невидимых поверхностей при перекрытии по глубине объектов, лежащих в разных канальных срезах изображения. Кроме того на процессор постобработки можно возложить выполнение дополнительных функций (устранения эффекта ступенчатости, генерация спецэффектов и т.п.). В зависимости от количества подключенных устройств отображения процессор постобработки разбивает сформированное полное изображение сцены на отдельные поля и записывает их в память видеоконтроллеров устройств отображения.

Четвертая ступень - устройства отображения. После прихода синхронизирующего сигнала видеоконтроллер выдает записанное в его видеобуфере изображение на ЭЛТ для предъявления изображения оператору.

Система принципиально отличается от ранее известных использованием множества каналов отрисовки и специализированного устройства - процессора постобработки для смешения срезов изображений, полученных отдельными каналами.

2. Ускорение процесса синтеза в многоканальной системе

Оценим ускорение вычислительного процесса в многоканальной системе синтеза изображения. Будем считать, что каждый канал отрисовки суть конвейер из двух процессоров - геометрического процессора и процессора растривания. В [1], [3] ускорение вычислительного процесса для многопроцессорной вычислительной системы предложено определять как отношение времени обработки информации на одном процессоре ко времени обработки на N_p процессорах. В нашем случае аналогичная оценка имеет вид $\alpha_{1p} = \tau_{1p} / \tau_{Nc}$, где τ_{1p} - время синтеза сцены на однопроцессорной системе, τ_{Nc} - время синтеза на N_c канальной системе, $N_p = 2 N_c + 4$. Более информативной в исследуемой системе является оценка ускорения относительно классического конвейера $\alpha_{1c} = \tau_{1c} / \tau_{Nc}$, где τ_{1c} - время генерации сцены в одноканальной системе.

Считая, что все каналы идентичны, объекты одинаковы, $N_c = N_o$, время генерации сцены в многоканальной системе можно выразить как:

$$\tau_{Nc} = \tau(p_H) + \tau(q_H) + \tau(p_T) + \tau(q_T) + N_o(\tau(p_M) + \tau(q_M)) + \tau(p_G) + \tau(q_G) + N_E(\tau(p_R) + \tau(q_R)) + \tau(p_V) + \tau(q_V).$$

Здесь: $\tau(p_H)$ - время работы основного (хост) процессора системы; $\tau(q_H)$ - время обмена информацией между хост процессором и сценарным процессором; $\tau(p_T)$ - время обработки сцены в сценарном процессоре; $\tau(q_T)$ - время передачи дескрипторов объектов из сценарного процессора в каналы отрисовки; $\tau(p_M)$ - время выборки из базы данных по запросу от геометрического процессора; $\tau(q_M)$ - время передачи данных из базы данных в геометрический процессор; $\tau(p_G)$ - время обработки объекта в геометрическом процессоре; $\tau(q_G)$ - время передачи данных из геометрического процессора в процессор растривания; N_E - количество пикселей в растре

генерируемого каналом изображения (считаем, что все каналы имеют одинаковый растр); $\tau(p_R)$ – время растривания объекта; $\tau(q_R)$ – время записи растрового образа объекта в каналное ЗУ кадра; $\tau(p_P)$ – время постобработки сцены; $\tau(q_P)$ – время обмена данными между процессором постобработки и контроллерами устройств отображения; $\tau(p_V)$ – время обработки изображения в устройстве отображения.

Положим, $\tau_Q = \max\{\tau(q)\}$. Реально предположить, что наибольшее время в процессе синтеза изображения одиночного объекта занимает растривание. Обозначим $\tau_R = N_E \tau(p_R)$. Будем считать также, что $\tau_R = \max\{\tau(p_H), \tau(p_T), \tau(p_G), \tau(p_P), \tau(p_V)\}$ и все перечисленные этапы вычислительного процесса незначительно меньше по времени процесса растривания. Время выборки из базы данных сцены определим как $\tau(p_M) = \beta \tau_R$. Тогда

$$\tau_{NC} \leq (6+N_O) \tau_R + (5+N_O) \tau_Q \quad (1)$$

Время генерации сцены в одноканальной системе τ_{IC} можно оценить как

$$\begin{aligned} \tau_{IC} = & \tau(p_H) + \tau(q_H) + \tau(p_T) + \tau(q_T) + \tau(p_M) + \tau(q_M) + \tau(p_G) + N_O(\tau(q_G) + \\ & + N_E \tau(p_R)) + \tau(q_R) + \tau(p_P) + \tau(q_P) + \tau(p_V). \end{aligned} \quad (2)$$

Для оценки времени синтеза на одном процессоре предположим, что а) процессор имеет такое же быстродействие при выполнении отдельных этапов синтеза, как и соответствующие процессоры многоканальной системы, б) емкость его ЗУ достаточна для хранения всех необходимых данных и никакие обмены с внешними устройствами не выполняются. Тогда τ_{IP} можно оценить как

$$\tau_{IP} = \tau(p_H) + \tau(p_T) + \tau(q_T) + N_O(\tau(p_M) + \tau(q_G) + N_E \tau(p_R)) + \tau(p_P) + \tau(p_V).$$

Или

$$\tau_{IP} \leq (2N_O + \beta N_O + 4) \tau_R. \quad (3)$$

Пусть $\gamma = \tau_R / \tau_Q$ – отношение максимального времени обработки информации в некотором процессоре системы к максимальному времени обмена информацией между процессорами. Тогда (1) и (2) можно переписать как

$$\tau_{NC} \leq (N_O(\beta + \gamma) + 5\gamma + 6) \tau_R \quad (4)$$

$$\tau_{IC} \leq (N_O(1 + \gamma) + 5\gamma + \beta + 5) \tau_R \quad (5)$$

Рассмотрим ускорение процесса однократного синтеза изображения сцены в классической конвейерной системе:

$$\alpha_{IP} = \tau_{IP} / \tau_{NC} = (2N_O + \beta N_O + 4) / (N_O(\beta + \gamma) + 5\gamma + 6) \quad (6)$$

Анализ (6) показывает, что при больших N_O и $\gamma \ll 1$ максимально достижимое ускорение составит $2 + \beta$. То есть ускорение процесса синтеза для классического трехступенчатого конвейера (выборка из базы, геометрия, растривание) лежит в пределах $2 \leq \alpha_{IP} \leq 3$. Результат соответствует теории конвейерных вычислительных систем [4], [5], так как при $\beta = 0$ в конвейере совмещается работа двух подсистем, а при $\beta = 1$ – трех. Дополнительные временные расходы на обмен информацией в конвейере (коэффициент γ в знаменателе (6)) только снижают ускорение.

Рассмотрим ускорение многоканальной системы относительно одноканального конвейера:

$$\alpha_{IC} = \tau_{IC} / \tau_{NC} = (N_O(1 + \gamma) + 5\gamma + \beta + 5) / (N_O(\beta + \gamma) + 5\gamma + 6)$$

При больших N_O ускорение можно оценить как

$$\alpha_{IC} = (1 + \gamma) / (\beta + \gamma) \quad (7)$$

На рис.2 приведены графики α_{1C} как функции γ при различных значениях β . Из анализа (7) следует, что при малых β ускорение в многоканальной системе приблизительно $(1+1/\gamma)$, то есть может достигать значительных величин для $\tau_R \gg \tau_Q$. С другой стороны, при малых γ ускорение можно оценить как $1/\beta$, то есть ускорение тем больше, чем меньше время выборки из базы $\tau(p_M)$ по сравнению с τ_R .

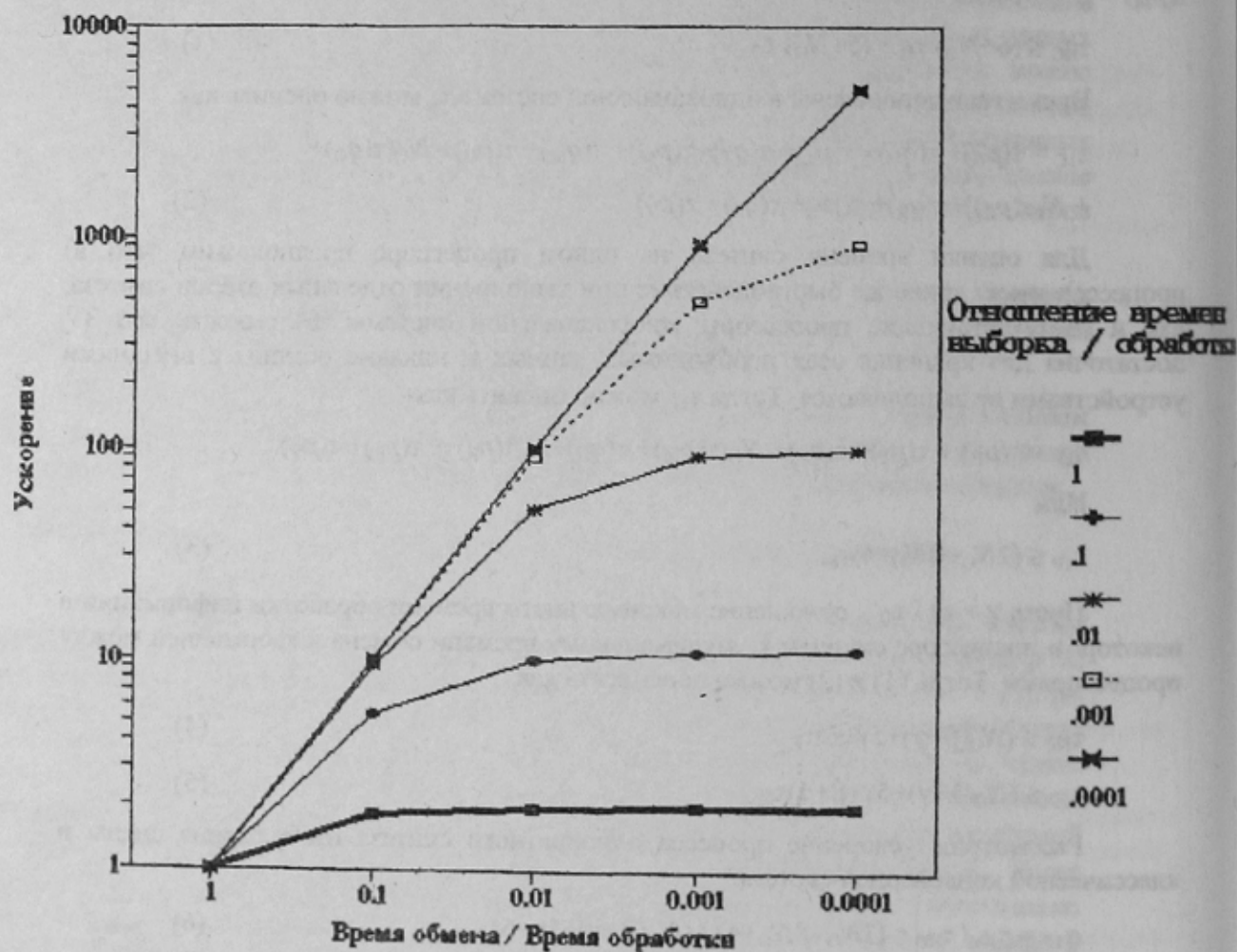


Рис. 2. Предельное ускорение в многоканальной системе синтеза

Заключение

Рассматривая предложенную систему в целом можно указать ее следующие основные достоинства:

- использование нескольких каналов отрисовки существенно повышает суммарную производительность системы, что позволяет увеличить сложность генерируемых сцен и/или снизить аппаратную сложность отдельных каналов;
- разрешение проблемы видимости объектов на процессоре постобработки упрощает алгоритмы функционирования отдельных каналов, что позволит дополнительно повысить суммарную производительность системы;

Основной недостаток системы заключается в увеличении аппаратной сложности системы. Однако, в связи с ожидаемыми к концу века достижениями микроэлектроники – упаковкой в БИС до 50 млн. транзисторов [6], он легко преодолим.

Литература

1. Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А., Горлач С.П. Макроконвейерные вычисления над структурами данных // Кибернетика.-1981.- N 4.- с.13-21.
2. Михалевич В.С., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А., Молчанов И.Н., Погребинский С.Б. Организация вычислений в многопроцессорных вычислительных системах // Кибернетика.- 1984.- N 3.- с.1-10.
3. Михалевич В.С., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. О методах организации макроконвейерных вычислений // Кибернетика.- 1986.- N 3.- с.3-10.
4. Коуги П.М. Архитектура конвейерных ЭВМ.- М.: Радио и связь, 1985.- 360 с.
5. Самофалов К.Г., Луцкий Г.М. Основы теории многоуровневых конвейерных вычислительных систем.- М.: Радио и связь, 1989.- 272 с.
6. Берски Д. Рост сложности ИС превращает цифровые схемы в однокристалльные системы // Электроника.- 1993.- N 11/12 (885).- с. 21-26.