Преобразование данных буфера глубины в функциональное представление радиального вида

С.В. Шевелев, С.И. Вяткин, Б.С. Долговесов
Институт автоматики и электрометрии, СО РАН, Новосибирск, Россия
serge_shevelev@gorodok.net, sivser@mail.ru, bsd@iae.nsk.su.

Аннотация

Обсуждается проблема синтеза высокореалистичных изображений. Рассматривается способ преобразования данных буфера глубины в функциональную модель на базе функций радиального вида. Приведен коэффициент сжатия после данного преобразования без потери качества изображения.

Ключевые слова: *функции радиального вида, карта глубины, квадрика.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Для отображения сложных неаналитических поверхностей используют аппроксимацию поверхностей плоскими или криволинейными примитивами. Отображаемый объект для достижения нужного уровня реалистичности должен состоять из десятков и сотен тысяч примитивов. Применение сплайновых поверхностей позволяет уменьшить число примитивов без ухудшения реалистичности сцены. Несмотря на известные достоинства сплайнов, применение их в графике проблематично из-за большого объема вычислений. Кроме того, реалистическое отображение поверхности требует моделировать ее освещенность, для чего в каждой точке анализируются углы между лучами от источников света и нормалью к поверхности. Определение положения нормали к параметрической поверхности еще более увеличивает требуемый объем вычислений.

Сформулируем требования к примитивам, пригодным для реалистического отображения криволинейных поверхностей произвольной формы в режиме реального времени:

- форма примитива должна задаваться координатами характерных (опорных) точек поверхности;
- нужно иметь возможность управлять кривизной поверхности между опорными точками с помощью простых средств;
- поверхность и ее производные должны быть гладкими;
- алгоритмы расчета точек поверхности и ее производных должны быть быстрыми.

Такими характеристиками обладают функции радиального вида (RBF). В работе [1] представлен краткий обзор методов, основанный на применении функций радиального базиса (RBF). Конкретное применение RBF для моделирование трехмерных объектов изложено в [2-7]. В данной статье мы рассмотрим преобразование данных буфера глубины в функциональное представление радиального вида. Данные буфера глубины могут быть получены из двух стерео-изображений [8] в задачах реконструкции поверхности при анализе биометрических данных, полигональных моделей, воксельных, функциональных и т.д. В нашей работе данные буфера глубины были получены из полигональной модели (рис. 1).

2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАРТЫ ГЛУБИНЫ В ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И СЖАТИЕ

После вычисления данных буфера глубины модели, используем его в качестве карты высот, заданной на регулярной сетке. Затем переводим карту высот в функциональное представление. Далее строим такую функцию f, чтобы она была равна нулю во всех точках карты высот. Если f>0, то точка находится в области пространства выше поверхности. Иначе, если f<0, тогда точка находится в области пространства ниже поверхности.

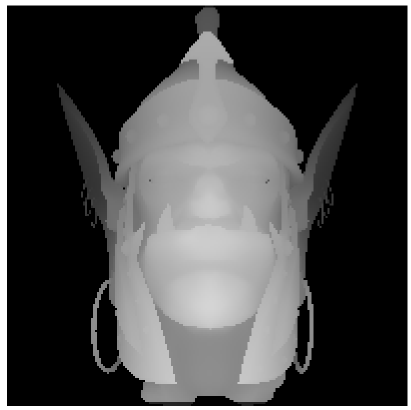

Рис. 1. Карта глубины

Мы переводим карту высот модели в функциональное представление с целью сжатия. Искомая функция есть сумма патчей, помноженных на функцию контейнера. Патч – это квадрика, которая аппроксимирует поверхность около выбранной точки. Функция контейнера является множителем, который гарантирует, что за границей заданной области влияние патча на другие патчи равно 0. Если точнее, то не сам патч аппроксимирует поверхность около заданной точки, а патч*функция_контейнера.

Общий вид функции:

$$f(x) = \sum_{p_i} [g_i(x) + \lambda_i] \varphi_r (\| x - p_i \|)$$

То есть сумма по всем точка карты высот, где g_i – квадрика около i точки, заданная в локальных координатах относительно нормали в i точке, λ_i - сдвигающее значение

$\varphi_r(\| x - p_i \|)$ - функция контейнера, где r – размер контейнера. Она имеет вид $(1-r^2)$^5.8. Это колоколообразная гладкая функция (рис. 2).

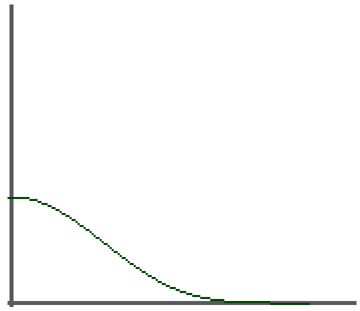

Рис. 2. Колоколообразная функция

Чтобы определить g_i мы для каждой i точки переходим в локальную систему координат (u, v, w) такую, что ось w совпадает с нормалью к поверхности в точке i, оси u и v перпендикулярны друг другу и w. В новой системе координат мы строим квадрику

$h(u,v)=Au^2+2Buv+Cv^2$

Коэффициенты A, B, C находятся решением задачи минимизации задачи методом градиентного спуска:

$$\sum_{p_j} \varphi_r(p_j - p_i)(w_j - h(u_j, v_j))^2 \to \min$$

То есть в той окрестности точки i, в кторой функция контейнера не равна 0, мы аппроксимируем поверхность квадрикой, помноженной на функцию контейнера.

Тогда $g_i(x)=w-h(u,v)$

При сложении функций они немного приподнимают поверхность, поэтому вводится сдвигающий множитель λ_i.

Чтобы определить λ_i, нужно решить систему уравнений, где каждая точка действует на каждую.

$$f(p_j) = 0 = \sum_{p_j} [g_i(p_j) + \lambda_i] \varphi_r(\| p_j - p_i \|)$$

Эти уравнения для кадой точки j переписываются в систему уравнений следующего вида

$$\sum_{p_i} \lambda_i \Phi_{ij} = -\sum_{p_i} g_i(p_j) \Phi_{ij}$$

$$\Phi_{ij} = \varphi_r(\| p_j - p_i \|)$$

Получаем матрицу NxN, где N – число контейнеров.

2.1 Сжатие графической информации

Чтобы получить сжатие графических данных мы строим регулярную сетку контейнеров, которых меньше, чем точек в карте высот. Если радиус контейнера равен 2, то внутри контейнера 16 точек карты высот аппроксимируются одним патчем. Для задания патча нужно указать его центр, радиус и 3 коэффицинета: A, B, C. Чем дальше отстоят друг от друга контейнеры, тем больше сжатие. При этом должен быть больше их радиус и больше точек внутри контейнера будут аппроксимироваться патчем второй степени. Это означает, что для получения качества нужен баланс между радиусом контейнера (чем больше, тем больше сжатие) и возможностью аппроксимации, которую можно получить из патча второй степени (чем больше точек, тем хуже аппроксимация).

Рис. 3. Функциональная поверхность. Радиус контейнера r=6, расстояние между контейнерами 3

Коэффициент сжатия без потери качества изображения равен:

12*12 точек внутри контейнера;

3*3 точек - под конрейнеры в квадрате одного контейнера;

4 коэффициента для одного контейнера;

Сжатие (9/144)*4=0.25, то есть в 4 раза.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функции RBF предоставляют мощный и эффективный метод функциональной аппроксимации и интерполяции. В данной статье был представлен способ преобразования различных моделей (полигональных, воксельных и т.д.) в функциональную модель на базе функций радиального вида, через промежуточные данные буфера глубины. А также приведен коэффициент сжатия после данного преобразования без потери качества изображения.

Дальнейшая работа будет заключаться в разработке метода подобного преобразования на нерегулярной сетке высот с целью увеличения коэффициента сжатия.

4. БИБЛИОГРАФИЯ

[1] E. Lisitsin. Radial Based Functions (Review), http://library.graphicon.ru/catalog/137

[2] Ohtake Y., Belyaev A., Seidel H.-P., "3D scattered data approximation with adaptive compactly supported radial basis functions", Shape Modeling International 2004, Genova, Italy, IEEE Computer Society, 2004, pp. 31-39. Electronic version: PDF (623K)

[3] Ohtake Y., Belyaev A., Alexa M., Turk G., Seidel H.-P., "Multi-level partition of unity implicits", ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 03

Proceedings), vol. 22, No. 3, 2003, pp. 463-470. Electronic version: PDF (627K)

[4] Ohtake Y., Belyaev A., Seidel H.-P., "A multi-scale approach to 3D scattered data interpolation with compactly supported basis functions", Shape Modeling International 2003, Seoul, Korea, IEEE Computer Society, 2003, pp. 153-161. Electronic version: PDF (3.55 Mb)

[5] Bors, A.G. "Object classification in 3-D images using alpha-trimmed mean radial basis function network," IEEE Trans. on Image Processing, vol.8, 1999.

[6] Carr, J.C. "Reconstruction and Representation of 3D Objects with Radial Basis Functions", SIGGRAPH 2001.

[7] Matej, S. "Practical considerations for 3-D image reconstruction using spherically symmetric volume elements," IEEE Trans. On Medical Imaging, vol.15. 1996.

[8] Richard Lengagne, Jean-Philippe Tarel, Olivier Monga. "From 2D Images to 3D Face Geometry". *Proceedings of IEEE Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition* (FG'96), Killington, USA. October 14-16 1996.

Об авторах

Сергей Владимирович Шевелев – аспирант 2 года обучения Институт Автоматики и Электрометрии

Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Коптюга, 1, ИАиЭ СО РАН.
Телефон: (383) 333-36-30

E-mail: serge_shevelev@gorodok.net

Сергей Иванович Вяткин – к.т.н, с.н.с. Лаборатории синтезирующих систем визуализации Института автоматики и электрометрии СО РАН.
Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Коптюга, 1, ИАиЭ СО РАН.
Телефон: (383) 333-36-30
E-mail: sivser@mail.ru

Борис Степанович Долговесов – к.т.н, зав. Лабораторией синтезирующих систем визуализации Института автоматики и электрометрии СО РАН.
Адрес: Новосибирск, 630090, пр-т Коптюга, 1, ИАиЭ СО РАН.
Телефон: (383) 333-36-30

E-mail:bsd@iae.nsk.su

Depth Buffer Data Conversion to RBFs

Abstract

The problem of synthesis high quality images is discussed. The way of depth buffer data conversion to radial based functions (RBFs) is considered. The compression ratio after the given transformation without loss of quality of the image is resulted. Space mapping technique based on RBFs is a powerful tool, which offers simple and quite general control of simulated shapes. RBFs offer a mechanism to get extrapolated points of a surface for various parts of a reconstructed object.

Keywords: *RBFs, depth map, quadrics.*

About the authors

Sergei Shevelev is a Ph.D. student at Novosibirsk State University, Department of Physics. His contact email is serge_shevelev@gorodok.net

Sergei I. Vyatkin (Ph.D.) is a senior scientific researcher of Synthesizing Visualization Systems Laboratory at Institute of Automation and Electrometry SB RAS.

His contact email is sivser@mail.ru,

Boris S. Dolgovesov (Ph.D.) is a head of Synthesizing Visualization Systems Laboratory at Institute of Automation and Electrometry SB RAS.

His contact email is bsd@iae.nsk.su