

АЛГОРИТМЫ СОВМЕЩЕНИЯ ДАННЫХ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Тлеубаев И.С.

Научный руководитель: Цапко И.В., доцент каф. АиКС

Томский политехнический университет

ReMMYru@gmail.com

Введение

Многие сферы человеческой жизни немыслимы без трехмерной графики. Создаются различные 3D модели, которые потом успешно используются в самых разных областях деятельности, начиная от кинематографа, рекламы, промышленного производства, архитектуры и т.д. Любой человек, занимающийся моделированием, рано или поздно сталкивается необходимостью создания модели того, что уже существует в нашем трехмерном мире. Одним из вариантов является создание модели «с нуля» при помощи пакетов компьютерного моделирования. Однако этот способ является трудозатратными и подходит далеко не во всех случаях. Альтернативой является использование 3D сканеров, которые нашли применение во многих областях промышленности, науки, медицины и искусства. Таким образом, они необходимы во всех случаях, когда требуется зарегистрировать форму объекта с высокой точностью и за короткое время. Трехмерные сканеры применяются:

- для оценки износов оснастки и создания упаковки, точно повторяющей форму изделия;
- в медицине с помощью 3D-сканеров ставят диагнозы, планируют операции и даже делают анатомическую обувь;
- в ортодонтии, где необходимо точное, качественное сканирование объектов небольшого размера;
- дизайнеры используют 3D-сканеры для получения формы объекта, и её доработки;
- в музейном деле и археологии они применяются для детального сканирования, точного восстановления и реконструкции скульптур и памятников архитектуры;
- сканирование людей (получение цветной 3D-модели человека) уже сегодня используется для киноиндустрии и анимации и т.д.

Проблемы сканирования

3D сканеры делятся на два типа: первый – контактный, что подразумевает под собой, что предмет, который будет отсканирован, соприкасается одной из своих поверхностей со сканером; второй тип – это бесконтактный, который сканирует поверхность, не соприкасаясь с поверхностью, сканируемого объекта. Так же бесконтактные сканеры делятся на два типа [1]:

- Пассивные трехмерные сканеры.
- Активные трехмерные сканеры.

Активные трехмерные сканеры излучают на предмет сканирования направленные волны (чаще

свет, луч лазера) и обнаруживают отражение. Эти типы используемого излучения включают свет, ультразвук или рентгеновские лучи. Пассивные трехмерные сканеры полагаются на обнаружение отраженного окружающего излучения и не излучают ничего на предмет.

При выборе трехмерного сканера как правило обращают внимание на его следующие характеристики [2]:

1. Разрешение (разрешающая способность), описывает наименьшее расстояние между сканируемыми точками в мм;
2. Детализация, описывает размер объекта в мм, форму которого может распознать сканер;
3. Шум, случайная образовывающая суммарной ошибки измерения. Может быть установлена при повторных сканированиях данного объекта в абсолютно тех же условиях путём сравнения с первым результатом;
4. Точность, общая суммированная ошибка измерения.

Однако использование трёхмерного сканера влечет за собой определенные сложности, связанные с последующей доработкой отсканированных изображений ввиду наличия в них ошибок и неточностей. В частности, возможно наличие в результирующих объектах разрывов поверхностей и шумовых составляющих, возникающих вследствие наличия бликов света. Так же за качество сканирования отвечает и температура, при которой был оцифрован объект, влажность и другие климатические условия, поскольку сканирование происходит при помощи различных лучей, которые в различных физических средах могут преломляться или отражаться. Ряд проблем возникает при сканировании крупных объектов, имеющих сложную форму, в этом случае есть необходимость, многократного сканирования объекта, что приведет к уменьшению погрешности сканирования

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}},$$

где S – среднеквадратическая погрешность, x_i – измерение на каждом шаге, x_{cp} – среднее значение, n – количество измерений. Как видно из определения, погрешность уменьшается, при большом количестве измерений (сканирований) объекта.

Результатом сканирования является файл в формате STL. STL (от англ stereolithography) – формат файла, широко используемый для хранения трехмерных моделей объектов для

использования в технологиях быстрого прототипирования, обычно, методом стереолитографии. Информация об объекте хранится как список треугольных граней, которые описывают его поверхность, и их нормалей. STL-файл может быть текстовым или двоичным [3].

Итеративный алгоритм нахождения ближайшей точки и его варианты

В данной работе, рассматривается решение одной из проблем, возникающей при трехмерном сканировании объекта, а именно совмещение нескольких частей одной модели. Как правило это необходимо в тех случаях, когда нет возможности за один шаг отсканировать объект из-за его размеров, если фигура имеет сложную поверхность со множеством выпуклостей и впадин, а также это может быть связано с тем, что не хватает мощности 3D сканера для получения качественного скана объекта.

Классическим вариантом решения является использование алгоритма ICP (Итеративный алгоритм ближайших точек), предложенного Besl and McKay [4]. Алгоритм состоит из трех основных шагов:

1. Связка точек по критерию ближайшего соседа;
2. Оценка параметров преобразования с помощью функции среднеквадратичной стоимости (вычисление преобразования (смещение + поворот), минимизирующего среднеквадратичное расстояние (MSE) между парными точками);
3. Применение рассчитанного преобразования по множеству и обновление среднеквадратичной ошибки.

Эти три шага повторяются. Доказано, что они обеспечивают равномерную сходимость MSE.

Данный алгоритм вызвал интерес и с тех пор появилось множество его вариаций:

1. Поиск соседа – является модификацией алгоритма ICP. Соседние точки должны быть известны в двух соединяемых частях модели;
2. Схема многих решений – время алгоритма уменьшается за счет того, что уменьшается количество точек, задействованных в алгоритме.
3. Развернуто-геометрический итеративный алгоритм ближайших точек отличается от исходного алгоритма тем, что преобразования идут с учетом геометрических свойств твердого тела. Вместо матрицы поворота и вектора сдвига, используются ось вращения h и критическая точка c .
4. Масштабируемый итеративный алгоритм ближайших точек.

Одной из основных проблем алгоритма ICP является ограничение области сходимости: алгоритм работает только при условии, что облака точек не сильно сдвинуты друг относительно друга. Решением этой проблемы занимался Велижев А.Б., который предложил для трехмерных моделей, имеющих воксельное

представление, дополнить исходный алгоритм следующими этапами [5]:

- Оценка векторного сдвига;
- Оценка матрицы угловой ориентации.

В работе [6] рассмотрен вариант решения данной проблемы для моделей, заданных в триангулированном виде.

Разработка приложения

Целью данной работы является разработка программы, реализующей совмещение нескольких сканов одного и того же объекта, а также проверка работоспособности алгоритма, приведенного в [5] при использовании различных исходных данных. При разработке необходимо использовать следующие программные средства:

- C++ – компилируемый, статически типизированный язык программирования, поддерживающий большинство парадигм программирования;
- Кроссплатформенная библиотека PCL (Point Cloud Library), позволяющая работать с 2D- и 3D-графикой, имеет большой пакет документации, работает с реализацией стандартного алгоритма ICP;
- Библиотека OpenMP – библиотека для языков программирования C, C++, позволяющая запускать параллельно участки кода на многопроцессорных системах.

Заключение

Результаты данных исследований могут быть использованы как при совмещении различных моделей при сканировании небольших объектов, так и при использовании процедуры наземного лазерного сканирования ландшафтов и городов.

Список использованных источников

1. Борисенко Б., Ярошенко С. 3D-сканирование в интересах 3D-моделирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comprice.ru/articles/detail.php?ID=40134/>, свободный.
2. Точность 3D сканеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://glavconstructor.ru/articles/new-technologies/accuracy/>, свободный.
3. Sclater Neil. Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook/ 5th Edition, Hardcover, – 489 с.
4. Besl, P.J., McKay, Neil D. A Method for Registration of 3-D Shapes // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 14, № 2, 1992, pp.239-256.
5. Чибуничев А.Г., Велижев А.Б. Автоматическое сопоставление облаков точек, полученных в результате наземного лазерного сканирования // «Геодезия и аэрофотосъемка», 2008, Москва, №3, стр. 112-119.
6. Цапко И.В., Омелянюк М.Ю. Совмещение трехмерных изображений, полученных в результате ручного лазерного сканирования // Вестник науки Сибири, 2014, № 4 (14). – с. 112-116.