

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Цель работы — разработать систему моделирования движения твердых тел с учетом специфических требований интерактивных тренажерных и игровых систем.

Система должна учитывать требования, общие для современных приложений реального времени:

- интерактивность;
- детализированное окружение, а именно:
 - детализированный рельеф местности (около 1 млн. треугольников);
 - большое число динамических объектов (200–500 объектов, около 100 треугольников в сенсоре (представление геометрии объекта в подсистеме определения столкновения) объекта).

Также система должна учитывать одно специфическое требование — фиксированный шаг моделирования, порядка 0.1 с. Такой шаг моделирования является достаточно большим в сравнении с используемым в современных физических движках. Это условие обусловлено необходимостью синхронизации нескольких визуальных каналов — техники, которая часто используется в тренажерных системах.

Задачу моделирования динамики можно разбить на две подзадачи:

- задача обнаружения столкновения;
- задача реакции на столкновение.

Задача обнаружения столкновения включает в себя быстрые приближенные тесты (широкая фаза) и более аккуратные тесты (узкая). Задача реакции на столкновение включает в себя моделирование ударного контакта, контакта покоя и учет силы трения.

Обнаружение столкновения — трудоемкая, массовая задача. Используемые обычно подходы к ее оптимизации: древовидные структуры, равномерная декомпозиция пространства, использование выпуклости объектов и приближение геометрии различными примитивами.

Ударный контакт является самой простой задачей, метод решения основан на теории удара [1] и хорошо описан в [2]. Задача моделирования контакта покоя является более сложной. Существует три основных подхода к решению: использование метода штрафов [3]; импульсные методы [4-6]; формулировка уравнений для вычисления сил реакции в терминах линейной задачи о дополнительной [7]. Учет силы трения является дополнительной задачей, решение которой необходимо для достижения большей реалистичности движения.

Для реализации широкой фазы обнаружения столкновения была использована структура двухуровневой сети, которая хорошо подходит для декомпозиции разреженного пространства. Узкая фаза была организована с использованием иерархического дерева треугольников и примитивов. Симулируемые объекты осуществляют проверку на пересечение посредством запроса на пересечение ОВВ (ориентированного ограничивающего параллелепипеда) или сферы. Проверка на пересечение ОВВ/треугольник осуществляется с помощью теоремы о разделяющей оси.

Для решения задачи моделирования контакта покоя был выбран метод последовательных импульсов Катто [6]. Этот метод является адаптацией решения линейной задачи о дополнительной на скоростях в терминах импульсов [8]. Отличие этого метода от остальных импульсных подходов состоит в корректном ограничении импульса. Необходимо на каждой итерации для каждой контактной точки ограничивать не каждый микроимпульс в отдельности, а суммарный импульс. Аналогичным образом необходимо ограничивать импульс трения.

В результате была разработана система моделирования движения твердых тел, удовлетворяющая заявленным требованиям. Система была использована для моделирования динамики в игровом комплексе "*Trans-Force*", а также для моделирования динамики подвески колесных и гусеничных транспортных средств в различных тренажерах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Г.Лойцанский, А.И.Лурье, "Курс теоретической механики", т. 1 и 2, Москва, Наука, 1983.
2. D.Baraff, A.Witkin, M.Kass, "Physically based modeling", SigGraph 2001 Course Notes, Pixar Animation Studios, 2001.
3. S.Hasegawa, M.Sato. In Proceedings of EUROGRAPHICS 2004, Volume 23, Number 3, 2004.
4. B.Mirtich, "Impulse-based dynamics simulation of rigid body system", Ph.D. thesis, University of California, Berkeley, December, 1996.
5. E.Guendelman, R.Bridson, R.Fedkiw. In Proceedings of SIGGRAPH, pages 871-878, 2003.
6. E.Catto, "Fast and simple physics using sequential impulses", In Proceedings of Game Developers Conference, 2006.
7. D.Baraff. Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH), volume 28, pages 23-34, ACM, July, 1994.
8. E.Catto, "Iterative dynamics with temporal coherence", In Proceedings of Game Developers Conference, 2005.