

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Предлагается метод определения столкновений функциональных объектов с гарантией обнаружения события.

Одним из примеров отношений [1] может служить определение столкновений между объектами. Бинарное отношение есть множество множества $M^2 = M \times M$. Оно может быть определено как:

$$S_j: M \times M \rightarrow I \quad (1)$$

Обнаружение столкновений достаточно сложная задача, решаемая в различных программах компьютерной графики [2 - 10]. Это значит, что для каждого анимационного кадра нужно проверять, не пришли ли в соприкосновение (столкновение) какие-либо два объекта. В идеале хотелось бы иметь возможность за минимальное время определять столкновение двух свободных объектов любой сложности. Поскольку контроль столкновений между всеми парами объектов является достаточно ресурсоемким процессом, то обычно такие проверки производятся лишь для части объектов. Часто задача обнаружения столкновений упрощается до проверки того, находится ли заданная точка (принадлежащая одному из объектов) внутри куба, ограничивающего второй объект.

Алгоритм обнаружения столкновений, описанный в [11], основан на отношении пересечения и использует псевдослучайные последовательности Соболя и спиральный квадратичный поиск для обнаружения неотрицательных величин функции, определяющей пересечение. При этом для определения области, в которой ведется поиск, используются ограничивающие тела сферы [12]. В результате работы этого алгоритма столкновение не всегда может быть определено, т.е. алгоритм не гарантирует обнаружения события. А также для разных столкновений требуется разное количество времени, сильно различающееся.

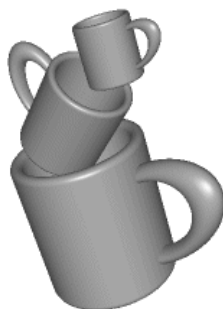


Рис. 1. Определение столкновений функционально заданных объектов на базе функций возмущения

Пусть объекты G_1 и G_2 определены, как $f_1(X) \geq 0$ и $f_2(X) \geq 0$. Бинарная операция пересечения объектов G_1 и G_2 определяется следующим образом:

$$S_c(G_1, G_2) = \begin{cases} 0, & \text{если } G_1 \cap G_2 = \emptyset \\ 1, & \text{если } G_1 \cap G_2 \neq \emptyset \end{cases} \quad (2)$$

Функция $f_3(X) = f_1(X) \& f_2(X)$ может быть использована для вычисления S_c . Можно утверждать, что $S_c = 0$, если $f_3(X) < 0$ для любой точки пространства E^n .

После вычисления пересечения (2), т.е. применения булевой операции пересечения, поиск точки соприкосновения сталкивающихся объектов осуществляется с помощью алгоритма бинарного поиска [13]. С помощью особого теста на пересечение и бинарного поиска можно за постоянное число шагов (определяется заданной точностью) определить точку столкновения объектов, если таковое происходит.



Рис. 2. Определение столкновений невыпуклых тел

В целях расчета времени обнаружения столкновений тестировались объекты, различавшиеся как по степени сложности (форме), так и по виду столкновения (имеется в виду столкновение различными сторонами и частями объектов) (рис. 1 и 2).

Список литературы

1. Pasko A., Adzhiev V., Sourin, A., et al. Function representation in geometric modeling: concepts, implementation and applications //The Visual Computer, 11, 6, 1995, P 429.
2. D. Baraff, "Fast contact force computation for nonpenetrating rigid bodies", in Computer Graphics Proceedings, Annual Conf. Series. ACM SIGGRAPH, pp. 23-34, 1994
3. D. Baraff, "Analytical methods for dynamic simulation of non-penetrating rigid bodies", in Computer Graphics Proceedings, ACM SIGGRAPH, vol. 23, pp. 223-232, 1989
4. M.C. Lin, "Efficient Collision Detection for Animation and Robotics", PhD thesis, Dept. of Electrical Eng. and Computer Science, University of California, Berkeley, USA, 1993
5. J. K. Hahn. "Realistic animation of rigid bodies". ACM Computer Graphics, 22(4):pp. 299-308, 1988
6. Gregory, M. Lin, et al. "H-Collide: A Framework for Fast and Accurate Collision Detection for Haptic Interaction". IEEE Virtual Reality, 1999
7. B.V. Herzen, A.H. Barr, and H.R. Zatz. "Geometric collisions for time-dependent parametric surfaces". ACM Computer Graphics, 24(4), August 1990

8. T. Duff. "Interval arithmetic and recursive subdivision for implicit functions and constructive solid geometry". ACM Computer Graphics, 26(2):pp. 131-139, 1992
9. C. Hoffmann. "Geometric and solid modeling". Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, CA, 1989
10. Pentland and J. Williams. "Good vibrations: modal dynamics for graphics and animation". ACM Computer Graphics, 23(3):pp. 185-192, 1990
11. Savchenko V.V., Pasko A.A. "Collision detection for functionally defined deformable objects": The First International Workshop on Implicit Surfaces (Grenoble, France, April 18-19, 1995) /Eds. B.Wyvill and M.P. Gascuel: Eurographics-INRIA, pp. 217-221, 1995
12. D. C. Ruspini, K. Kolarov, and O. Knatib. "The haptic display of complex graphical environment". Proceedings of SIGGRAPH 97, vol. 1, pp. 295-301, August 1997
13. Вяткин С.И., Романюк О.В. Базовые операции для анимации сложных функциональных поверхностей // Регистрация, хранение и обработка данных. Институт проблем регистрации информации. Национальная академия наук Украины, Киев, 2010, т. 12, № 3. С. 16–24.