
Detekce kolizí v 3D

**© 2001 Josef Pelikán
KSVI MFF UK Praha**

e-mail: Josef.Pelikan@mff.cuni.cz

WWW: <http://cgg.ms.mff.cuni.cz/~pepca/>

Aplikace CD

➔ mobilní **robotika**

- plánování cesty “robota” bez kontaktu s okolím

➔ **animační a simulační systémy, hry**

- test konzistence scény (v některých apl. až 1 kHz !)
- interaktivní fyzikální modelování (“akce - reakce”)

➔ **CAD, strojírenský průmysl**

- robustní a numericky stabilní implementace!

➔ **molekulární modelování**

Úlohy

- ➔ jednoduchá **detekce kolize** mezi některými z **N** těles v 3D scéně
 - tělesa m_i a n_i mají neprázdný průnik
- ➔ detekce kolize + “**úroveň vnoření**”
 - jak hluboko do sebe tělesa pronikla (např. pro pozdější výpočet reakční síly)
- ➔ nalezení **prvního kontaktu** (čas i místo)
 - přesný výpočet časového okamžiku, ve kterém se tělesa poprvé dotkla (možnost přesnější reakce)

Podmínky

- ➔ velké množství **pohybujících** se těles
 - naopak mohou být některé části scény statické
- ➔ tělesa jsou často v **těsném kontaktu**
 - “close proximity”, problém pro většinu běžných alg.
- ➔ testy je potřeba **velmi často opakovat**
 - pro některé fyzikální simulace je někdy potřeba počítat CD i několikrát rychleji, než běží zobrazení!
 - využití koherence scény v čase (spojitost pohybu)

Data (3D scéna)

→ trojúhelníkové sítě

- bez jakékoli topologie (“triangle soup”)
- topologická reprezentace (“triangle mesh”)
- hierarchie LoD (“Level of Detail”)

→ přesné matematické vyjádření křivek a ploch

- parametrické křivky/plochy (nejčastěji NURBS)

→ geometrická tělesa

- konečný počet typů (geometrických primitivů)
- kombinace např. množinovými operacemi (CSG)

Hlavní přístupy

➔ dělení prostoru

- pravidelné mřížky, oktantové, BSP, k-d stromy, ..

➔ hierarchie obalových těles (BV)

- koule, AABB, OBB, k-DOPs, QuSPO, ..

➔ časoprostorové meze, 4D prostor

- přesné výpočty prvního kontaktu

➔ Voronoi diagramy

- udržování seznamu „nejbližších primitiv“, využití časové koherence

BV hierarchie obecně

Složnost algoritmu na detekci kolize:

$$T = N_v \cdot C_v + N_p \cdot C_p + N_u \cdot C_u + C_0$$

- T .. celková složnost testu v celé scéně (pro jeden čas)
- N_v .. počet testovaných BV párů
- C_v .. složnost testu jednoho BV páru
- N_p .. počet testovaných párů geometrických primitivů
- C_p .. složnost testu 1 páru geometrických primitivů
- N_u .. počet aktualizovaných uzlů hierarchie
- C_u .. složnost aktualizace jednoho uzlu hierarchie
- C_0 .. složnost jednorázového předzpracování stromu

Další vlastnosti BV hierarchie

→ čas potřebný k **předzpracování datové struktury**

- výstavba stromu na úplném začátku
- složitost jeho přestavby v případě velmi dynamických scén (interaktivní simulace, hry)

→ **spotřeba paměti**

- důležitá při velkých 3D modelech
- některé hry mají dnes v databázi řádově 10^5 objektů, každý se může skládat ze stovek trojúhelníků...

Literatura I

- [Cohen95] J. Cohen, M. Lin, D. Manocha, M. Ponamgi: *I-collide: An Interactive and Exact Collision Detection System for Large-Scale Environments*, I-collide
- [Gottschalk96] S. Gottschalk, M. C. Lin, D. Manocha: *OBB-Tree: A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection*
- [He99] Taosong He: *Fast Collision Detection Using QuOSPO Trees*
- [Held95] M. Held, J. Klosowski, J. Mitchell: *Evaluation of collision detection methods for virtual reality fly-throughs*

Literatura II

- [Hubbard95] Philip M. Hubbard: *Collision Detection for Interactive Graphics Applications*, PhD thesis, brown.edu
- [Klosowski98] J. Klosowski, M. Held, H. Sowizral, K. Zikan: *Efficient Collision Detection Using Bounding Volume Hierarchy of k -DOPs*
- [Klosowski98PhD] James T. Klosowski: *Efficient Collision Detection for Interactive 3D Graphics and Virtual Environments*, PhD thesis
- [Konecny98] P. Konecny: *Bounding volumes in computer graphics*, Diploma thesis, MU Brno

Literatura III

- [Krishnan97b] S. Krishnan, A. Pattekar, M. Lin, D. Manocha: *Spherical Shell: A Higher Order Bounding Volume for Fast Proximity Queries*
- [Krishnan98] S. Krishnan, M. Gopi, M. Lin, D. Manocha, A. Pattekar: *Rapid and Accurate Contact Determination between Spline Models using ShellTrees*
- [Lin96] M. C. Lin, J. Cohen, S. Gottschalk: *Collision Detection: Algorithms and Applications*, RAPID
- [Ponamgi95] M. Ponamgi, D. Manocha, M. Lin: *Incremental Algorithms for Collision Detection between Solid Models*