



Zusammenfassung der Dissertation

New Geometric Algorithms and Data Structures for Collision Detection of Dynamically Deforming Objects

eingereicht von

Dipl. Inf. David Mainzer

Jede virtuelle Umgebung, welche eine Interaktion zwischen den virtuellen Objekten in der Szene zulässt und/oder zwischen einem Benutzer und den Objekten, benötigt für eine korrekte Behandlung der Interaktionen eine Kollisionsdetektion. Nur dank der Kollisionsdetektion können Berührungen zwischen Objekten erkannt und mittels der Kollisionsbehandlung aufgelöst werden. Dies ist der Grund für die weite Verbreitung der Kollisionsdetektion in die verschiedensten Fachbereiche, wie der physikalisch basierten Simulation, der Pfadplanung in der Robotik, dem virtuellen Prototyping und vielen weiteren. Auf Grund des Bestrebens, die reale Umgebung in der virtuellen Welt so realistisch wie möglich nachzubilden, steigt die Komplexität der Szenen stetig. Fortwährend steigen die Anforderungen an die Objekte, sich realistisch zu verhalten, sollten Kräfte auf die einzelnen Objekte ausgeübt werden. Die meisten Objekte, die uns in unserer realen Welt umgeben, ändern ihre Form oder zerbrechen in ihre Einzelteile, wenn Kräfte auf sie einwirken. Daher kommen in realitätsnahen, virtuellen Umgebungen immer häufiger deformierbare Objekte zum Einsatz, was neue Herausforderungen an die Kollisionsdetektion stellt. Die hierfür Notwendigen, teils komplexen Berechnungen, führen dazu, dass die Kollisionsdetektion häufig der Performance-Bottleneck in der jeweiligen Simulation darstellt.

Die meisten Kollisionsdetektionen für starre Körper benutzen eine Hüllkörperhierarchie als Beschleunigungsdatenstruktur. Diese Technik ist hervorragend geeignet, solange sich die Form des Objektes nicht verändert. Im Fall von deformierbaren Objekten ist eine Aktualisierung der Datenstruktur nach jedem Schritt der Simulation notwendig, damit diese weiterhin gültig ist. Dieser Aktualisierungsschritt kann, je nach Hierarchie, sehr zeitaufwendig sein, ist in den meisten Fällen schwer zu implementieren und generiert nach vielen Schritten der Simulation häufig eine entartete Hüllkörperhierarchie, sollte sich das Objekt sehr stark verformen. Um dies zu vermeiden, verzichtet unsere Kollisionsdetektion vollständig auf eine Beschleunigungsdatenstruktur und unterstützt sowohl rigide, wie auch deformierbare Körper. Zugleich können wir Selbstkollisionen und Kollisionen zwischen starren und/oder deformierbaren Objekten, bestehend aus vielen Zehntausenden Dreiecken, innerhalb von wenigen Millisekunden berechnen. Um dies zu realisieren, unterteilen wir die gesamte Szene in einzelne Bereiche mittels eines Fuzzy Clustering-Verfahrens. Dies ermöglicht es, dass alle Cluster unabhängig bearbeitet werden und falls gewünscht, die Berechnungen für die einzelnen Cluster auf verschiedene Grafikkarten verteilt werden können. Um die Leistungsfähigkeit unseres Ansatzes vergleichen zu können, haben wir diesen gegen aktuelle Verfahren für die Kollisionsdetektion antreten lassen. Weiterhin haben wir unser Verfahren in die Physik-Engine Bullet integriert, um das Verhalten in dynamischen Situationen zu evaluieren.

Um unterschiedliche Kollisionsdetektionsalgorithmen für starre Körper korrekt und objektiv miteinander vergleichen zu können, haben wir eine Benchmarking-Suite entwickelt. Unsere Benchmarking-Suite kann sowohl die Geschwindigkeit, für die Bestimmung, ob zwei Objekte sich durchdringen, wie auch die Qualität der berechneten Kräfte miteinander vergleichen. Hierfür ist die Benchmarking-Suite in den Performance Benchmark und den Quality Benchmark unterteilt worden. In der Zukunft wird diese Benchmarking-Suite dahingehend erweitert, dass auch Kollisionsdetektionsalgorithmen für deformierbare Objekte unterstützt werden.