

Kontaktdetektion zwischen konvexen Objekten auf Basis der Normalenparameterisierung

Collision detection between strictly convex objects based on the normal parameterization

Dr.-Ing. Ulrich Johannes Römer, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Mechanik, 76131 Karlsruhe, Deutschland, ulrich.roemer@kit.edu

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Seemann, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Mechanik, 76131 Karlsruhe, Deutschland, wolfgang.seemann@kit.edu

Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Fidlin, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Mechanik, 76131 Karlsruhe, Deutschland, alexander.fidlin@kit.edu

Kurzfassung

Die Kontaktdetektion ist eine wichtige Aufgabe in jedem Mehrkörper-Modell mit einseitigen Kontakten. Bestehende Ansätze zur Kontaktdetektion zwischen starren Körpern basieren entweder auf vernetzungsbasierten Näherungen ihrer Geometrie oder auf Beschreibungen durch implizite Funktionen oder eine Parametrisierung [1]. Während vernetzungsbasierte Ansätze sehr flexibel sind, kann die typischerweise stückweise lineare Approximation zu unphysikalischen Stößen in Mehrkörper-Modellen führen; außerdem erfordert eine gute Näherung eine große Anzahl von Knoten. Beschreibungen, die auf impliziten Funktionen oder einer Parametrisierung basieren, sind weniger flexibel, können aber einige der Nachteile von vernetzungsbasierten Ansätzen vermeiden. Die vorliegende Arbeit hat die Verbesserung der Kontaktdetektion in nicht-vernetzungsbasierten Ansätzen zum Ziel.

In diesem Zusammenhang können zur Kontaktdetektion zwischen zwei Objekten entweder die Punkte mit dem geringsten Abstand, oder die Punkte mit antiparallelen Normalenvektoren bestimmt werden [2,3]. Für die tatsächliche Berechnung folgen aus beiden Ansätzen Formulierungen, die implizite Gleichungen ergeben und somit eine iterative Lösung erfordern. Gängige Algorithmen zu deren effizienter Lösung basieren auf einem Newtonverfahren mit analytischen Jacobimatrizen.

Damit bestehen zwei Möglichkeiten, das gesamte Verfahren zu verbessern oder zu vereinfachen: entweder die Herleitung explizit lösbarer Gleichungen oder die Entwicklung effizienter Iterationsverfahren, die keine Ableitungen erfordern. Fortschritte in beiden Bereichen lassen sich durch eine neuartige Beschreibung der Geometrie erzielen, die sogenannte Normalenparameterisierung, bei der die Oberfläche jedes Objekts als Funktion der Orientierung des äußeren Normalenvektors beschrieben wird [4]. Da hierbei jedem äußeren Normalenvektor ein eindeutiger Punkt auf der Oberfläche zugeordnet wird, können durch die Normalenparameterisierung nur streng konvexe Objekte beschrieben werden. Der Kontakt eines Objekts mit einer Ebene kann jedoch sehr einfach ausgewertet werden, da nur der Normalenvektor der Ebene in die Parametrisierung eingesetzt werden muss, um eine explizite Lösung zu bestimmen. Dies ermöglicht beispielsweise auch die effiziente Bestimmung von Hüllkörpern (bounding boxes), die häufig zum Einsatz kommen, wenn eine große Anzahl von Objekten gleichzeitig simuliert wird. Darüber hinaus ist eine iterative Lösung möglich, die keine (analytischen) Ableitungen erfordert und daher für beliebige Objekte einfach zu implementieren ist. Dafür wird eine Fixpunkt-Iteration vorgestellt, die in unseren numerischen Untersuchungen gute Konvergenzeigenschaften aufweist und in damit als Initialisierung oder als Ersatz für das Newtonverfahren geeignet erscheint.

Die Anwendung der vorgeschlagenen Methode in einer Mehrkörpersimulation wird durch einige Benchmark-Beispiele demonstriert (siehe Abbildung 1).



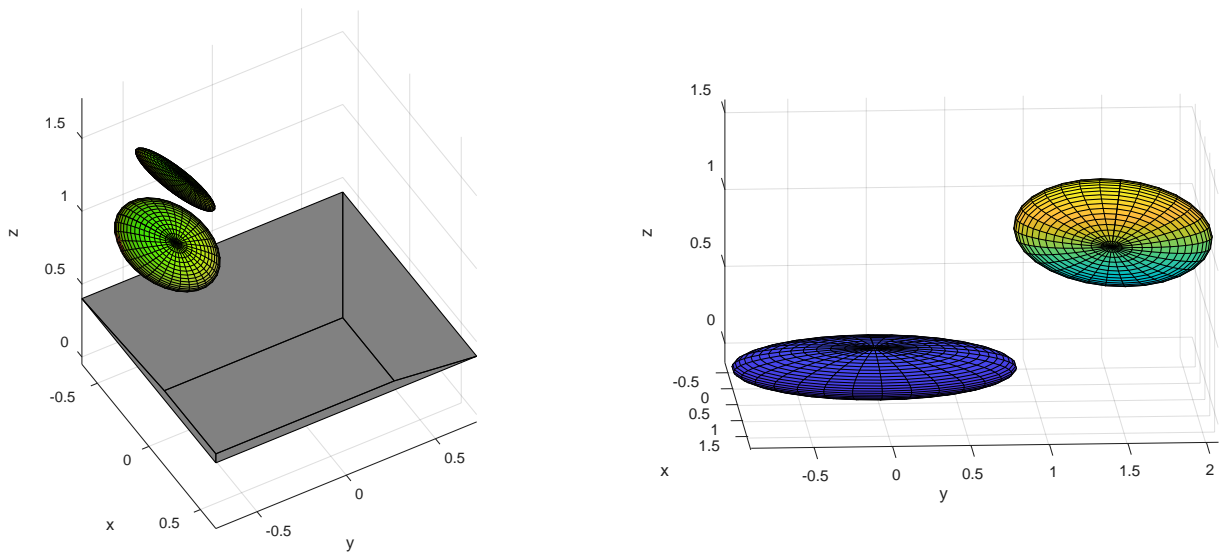


Abbildung 1: Zwei Benchmark-Beispiele. Links: zwei Ellipsoide fallen in eine Kiste mit schiefstehenden Wänden; rechts: zwei Ellipsoide mit zufällig generierten Abmessungen, Positionen und Ausrichtungen dienen zur Untersuchung der Konvergenz von Newtonverfahren und Fixpunkt-Iteration.

Literatur

- [1] Lin, M. C.; Gottschalk, S.: Collision detection between geometric models: a survey, in: Proceedings of IMA Conference on Mathematics of Surfaces, 1998, S. 1–20.
- [2] Gonçalves, A. A.; Bernardino, A.; Jorge, J.; Lopes, D. S.: A benchmark study on accuracy-controlled distance calculation between superellipsoid and superovoid contact geometries, Mechanism and Machine Theory (2017) 115, S. 77–96. doi:10.1016/j.mechmachtheory.2017.04.008.
- [3] Wellmann, C.; Lillie, C.; Wriggers, P.: A contact detection algorithm for superellipsoids based on the common-normal concept, Engineering Computations (2008) 25(5), S. 432–442. doi:10.1108/02644400810881374.
- [4] Römer, U. J.; Fidlin, A.; Seemann, W.: Explicit analytical solutions for two-dimensional contact detection problems between almost arbitrary geometries and straight or circular counterparts, Mechanism and Machine Theory (2018) 128, S. 205–224. doi:10.1016/j.mechmachtheory.2018.05.018.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

In: **Sechste IFToMM D-A-CH Konferenz 2020**

Dieser Text wird über DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/71212

URN: urn:nbn:de:hbz:464-20200221-115256-0



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz (CC BY-SA 4.0) genutzt werden.