

# Inverse Kinematik

## - 1 Masterarbeit -

Die computergestützte Animation von Figuren und Charakteren erfordert hochentwickelte Techniken für die Modellierung realistischer Bewegungen. In Ergänzung zu physikalischen Modellen hat sich die inverse Kinematik als ein unverzichtbarer Baustein in Animationsprozessen etabliert. Anwendungen liegen nicht nur in der Erzeugung von Spezialeffekten in Filmen oder Cartoons, sondern auch in der Simulation von Bewegungsabläufen, z.B. in der Robotik.

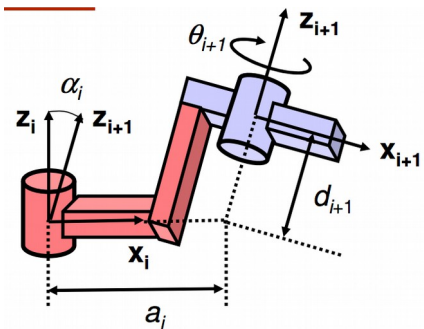
**Das Problem:** Wie stellt man in der Character-Animation die Gelenkwinkel ein, so dass der Darsteller (hier: Geri) einen Gegenstand greift.



Mit Hilfe der inversen Kinematik (IK) kann man den Endeffektor einer Kette aus Gelenken und starren Bindungen in eine vorgegebene Position bringen. Dies ermöglicht dem Animator:

- die Positionierung des Endeffektors zu bestimmten Zeitpunkten (Key Frames)
- Interpolation der Position und ggf. Orientierung nach der Zeit
- automatische Bewegung der Figur

Die Vorteile liegen in der geringeren Anzahl von Animationsparametern und der besseren Kontrolle (z.B. Vermeidung von Verschneidungen). Dazu wird die Gelenk-Konfiguration in eine kompakte Darstellung kinematischer Ketten (Denavit-Hartenberg-Parameter, 1955) überführt. Dann nutzt man numerische iterative Verfahren um die Lage des Endeffektor zu bestimmen. Diese Verfahren nutzen eine Linearisierung über Jacobi-Matrizen und bestimmen für überbestimmte Systeme (also zu viele Randbedingungen) eine approximative Lösung unter Nutzung von Pseudo-Inversen bzw. Minimierung der Fehlerquadrate (Gauß) und für unterbestimmte Systeme werden über so-genannte Lagrange Multiplikatoren zusätzliche Bedingungen zur „natürlichsten Gelenkstellung“ zugefügt und das System unter diesen Nebenbedingungen gelöst.



**Aufgabenstellung:** Die iterativen Algorithmen sollen für eine frei konfigurierbare kinematische Kette implementiert und getestet werden. Eine Literatur-Recherche liefert sowohl grundlegende Verfahren als auch mögliche Optimierungen. Eine Analyse der numerischen Robustheit und Effizienz der Verfahren rundet die Arbeit ab.

**Implementierung:** in C/C++ ggf. OpenGL zur visuellen Darstellung. Hauptsächlich Eigen-Implementierung, ggf. Nutzung numerischer Bibliotheken zur Berechnung Pseudo-Inverse etc.

### Literatur:

- M. Girard und A. A. Maciejewski, Computational Modeling for the Computer Animation of Legged Figures, Siggraph 1985
- D.E. Whitney, The Mathematics of Coordinated Control of Prosthetic Arms and Manipulators, ASME Dynamic Systems, Measurement and Control, 1972
- Alan Watt and Mark Watt, Advanced Animation and Rendering - Theory and Practice, ACM Press, 1992.
- Rick Parent, Computer Animation - Algorithms and Techniques, Morgan Kaufmann, 2002.
- Jorge Angeles, Fundamentals of Robotic Mechanical Systems - Theory, Methods, and Algorithms, 2. Auflage, Springer New York, 2002.
- ...