

Modellierung und Simulation biologischer Bewegungsapparate zur Veranschaulichung von Evolutionseffekten in einem künstlichen Ökosystem mit Unreal Engine

Allan C. Fodi

Masterarbeit • Studiengang Informatik • Fachbereich Informatik und Medien • 15.08.2022

Aufgabenstellung

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines künstlichen Bewegungsapparates für virtuelle Kreaturen (sog. „Swimbots“), welches aufbauend auf das KipEvo-Projekt [KIPEVO] in einer in Unreal Engine implementierten Simulationsumgebung der Evolution unterzogen werden. Die Wirksamkeit der Swimbots wird durch Experimentdurchläufe untersucht und diskutiert.

Konzept

Die Swimbots werden als physische Körperstrukturen abgebildet, welche aus einzelnen starren Körpern bestehen, die mit Gelenken miteinander verbunden sind. Bewegung wird durch Kraftausübung an den Gelenken erreicht. Jede virtuelle Kreatur wird aus einem Genotyp gebildet, in welchem Basiseigenschaften (wie z.B. die Sichtfähigkeit oder Reproduktionseigenschaften), die Körperstruktur und gen-expressive Eigenschaften in Form einer JSON-Struktur gespeichert sind. Diese bilden die Grundlage für die Verhaltensweise, sowie den Körperbau der Individuen ab. Eine erfolgreiche Evolution der Swimbots hängt von der Zusammensetzung dieser Eigenschaften sowie der sich daraus bildenden Anpassungsfähigkeit ab. Durch asexuelle Reproduktion sind die Swimbots in der Lage Nachkommen zu erzeugen. Dies wird durch die Aufnahme von Energie erreicht, welche die Swimbots in Form von Nahrungsobjekten in der Simulationswelt aufsammeln können. Eine geeignete Bewegungsmechanik, durch welche eine Fortbewegung zur Nahrung ermöglicht wird, sorgt für das Überleben der Kreatur. Durch das integrierte Ökosystem können Eigenschaften beeinflusst werden, wodurch sich der Evolutionsverlauf der Swimbots verändern kann.

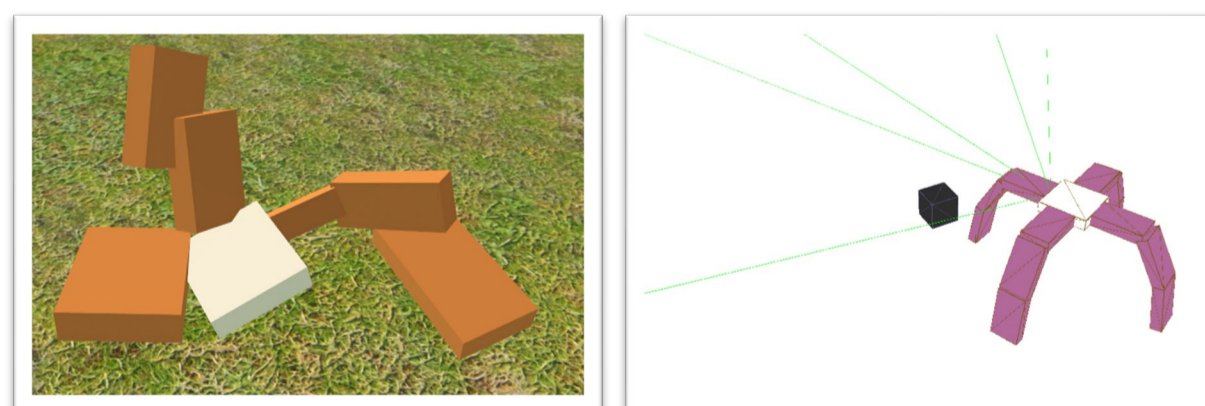


Abb. 1: Darstellung der dreidimensionalen Swimbots. Links ist ein Swimbots während der Laufzeit zu sehen. Rechts wird die Sichtsensorik verdeutlicht, welche durch die grünen Linien den Sichtbereich darstellen. Damit können die schwarzen Nahrungsobjekte erkannt werden.

Körperbau

Die Swimbots werden anhand einer Körperbeschreibung erzeugt, welche im Genotyp in Form eines Körperbaums enthalten ist. Der Baum wird durch einen Interpretationsprozess als physischer Akteur in der Grafik-Engine umgesetzt, welche die beschriebene Körperzusammensetzung in ein physikalisch beständiges Modell abbildet. Dieses ist dann in der Simulationswelt mit andere Objekten interaktionsfähig.

Bewegungsverhalten

Die Bewegung der Swimbots wird durch ein neuronales Netz gesteuert, welches sensorische Informationen als Eingabe bekommt. Die Ausgabeneuronen des Netzes bilden die Kraftpotentiale für die Gelenke ab: d.h. Bewegung wird durch diese gesteuert. Zu jeder Reproduktion, werden die Gewichte des Netztes mutiert, wodurch Verhaltensvariationen für die Nachkommen entstehen.

Sensorik

Die sensorischen Komponenten sorgen für eine interne und umgebende Zustandswahrnehmung. Dazu zählen z.B. die Sichtung von Nahrungsobjekten mittels einer peripherer Sichtsensoren oder die Kraftempfindung durch einen Kraftsensor. Die sensorischen Informationen werden in das neuronale Netz eingespeist und sorgen damit für eine wahrnehmungsgestützte Verhaltensreaktion.

Ergebnisse

Im Rahmen von 4 Simulationsdurchläufen, wird der Erfolg und Misserfolg der Evolution analysiert. Dabei gab es in 2 Durchläufen ein Zuwachs an Swimbots, bei welchen kleine Variationen im Bewegungsverhalten zu beobachten waren. Die anderen 2 Durchläufe allerdings resultierten mit dem Aussterben der Swimbots.

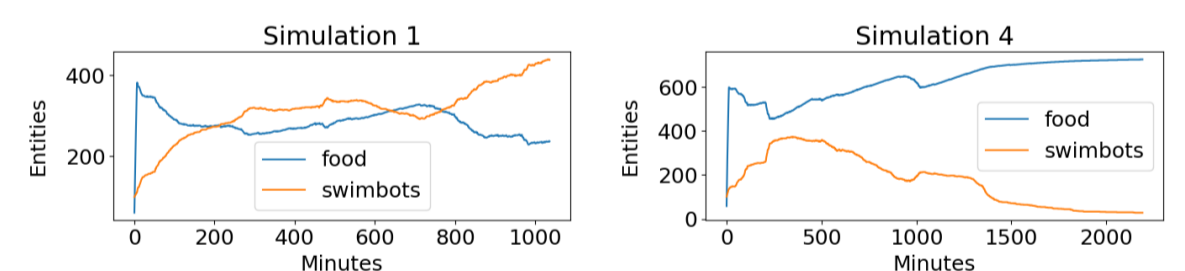


Abb. 2: Ergebnisse von zwei Experimenten. Links ein erfolgreicher Durchlauf; die Swimbots konnten sich vermehren. Rechts ein Durchlauf der zum Aussterben der Swimbots führte.

Fazit

Es wurde in dieser Arbeit erfolgreich ein Konzept für die Bewegungsmechanik von Swimbots entwickelt, durch welches eine künstliche Evolution simuliert werden konnte. Außerdem wurde gezeigt, dass es eine Vielzahl von Faktoren gibt, welche die Evolution beeinflussen. Dazu zählen z.B. die Festlegung der Energie-Kraft-Beziehungen oder der Grenzwert zur globalen Energie. Die Vielfalt an Bewegungsverhalten der Swimbots, konnte an einigen Arten beobachtet werden, auch wenn nur bedingt durch die begrenzte Simulationszeit der Experimentdurchläufe. Es wurden zudem die aufgetretenen Schwierigkeiten in der Implementierung und der Konzeption diskutiert, sowie zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten näher erläutert.

Quellen

[KIPEVO] I. Boersch, K. Lindner, F. Spitz, P. Grigarzik, A. Fodi: *Die Expedition zu den Evolutionsinseln*, TH Brandenburg, 2021.