

# Sticky Feet

Evolution in einer physikalischen Simulation vieler Kreaturen

Greg Turk

Proseminar: Artificial Life

Alwin Maier

30. September 2011

# Inhaltsverzeichnis

Motivation

Das physikalische Modell

Interaktion

Fortpflanzung

Simulation

# Motivation

- ▶ Artenvielfalt in der Natur

# Motivation

- ▶ Artenvielfalt in der Natur
- ▶ Evolutionstheorie

# Motivation

- ▶ Artenvielfalt in der Natur
- ▶ Evolutionstheorie
- ▶ künstliche Evolution
  - ▶ physikalische Simulation
  - ▶ Interaktion zwischen Kreaturen

# Das physikalische Modell

## Allgemein

- ▶ das Modell soll möglichst einfach sein

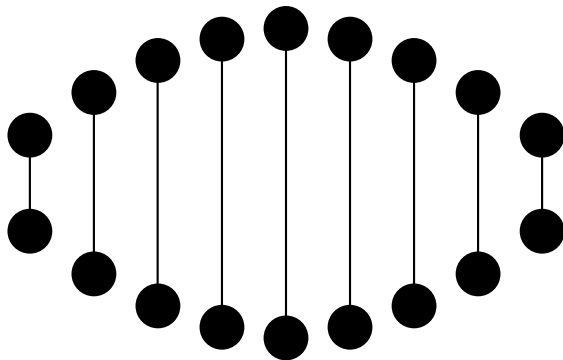
# Das physikalische Modell

## Allgemein

- ▶ das Modell soll möglichst einfach sein
- ▶ alle Kreaturen leben gemeinsam in einer 2D-Welt
- ▶ die Kreaturen bestehen aus einer Menge von Massepunkten
- ▶ alle Massepunkte sind durch Segmente verbunden
- ▶ jedes Segment wird als Sprungfeder simuliert
- ▶ die Segmente können oszillieren
- ▶ die Gesetzen der gedämpften Schwingung bestimmen die Bewegung

# Das physikalische Modell

## Beispiel eines oszillierenden Segments



**Abbildung:** Ein oszillierendes Segment einer einfachen Kreatur aus zwei Massepunkten



# Das physikalische Modell

## Wirkende Kräfte

- ▶ für jeden Massepunkt  $i$  wird die Federkraft  $F_i^{spring}$  berechnet

# Das physikalische Modell

## Wirkende Kräfte

- ▶ für jeden Massepunkt  $i$  wird die Federkraft  $F_i^{spring}$  berechnet
- ▶ für jeden Massepunkt  $i$  wird die Reibungskraft  $F_i^{friction}$  berechnet
  - ▶  $F_i^{friction} = -k_f \cdot f_i \cdot V_i$
  - ▶  $k_f$ , der globaler Reibungskoeffizient
  - ▶  $V_i$ , die Geschwindigkeit der Punktmasse  $i$
  - ▶ für jedes Segment  $k$  wird ein spezifischer Reibungskoeffizient  $g_k$  berechnet:
$$g_k = \begin{cases} -m_k & \text{falls } \cos(ft + 2\pi p) \leq 0 \\ m_k & \text{falls } \cos(ft + 2\pi p) > 0 \end{cases}$$
 $m_k$ , die Reibungszahl eines Segements
  - ▶ verbindet ein Segment  $k$  zwei Punkte  $i$  und  $j$  miteinander, so wird  $g_k$  zu  $f_i$  addiert und von  $f_j$  subtrahiert
  - ▶ dadurch wird ein Punkt rutschiger und der andere klebriger

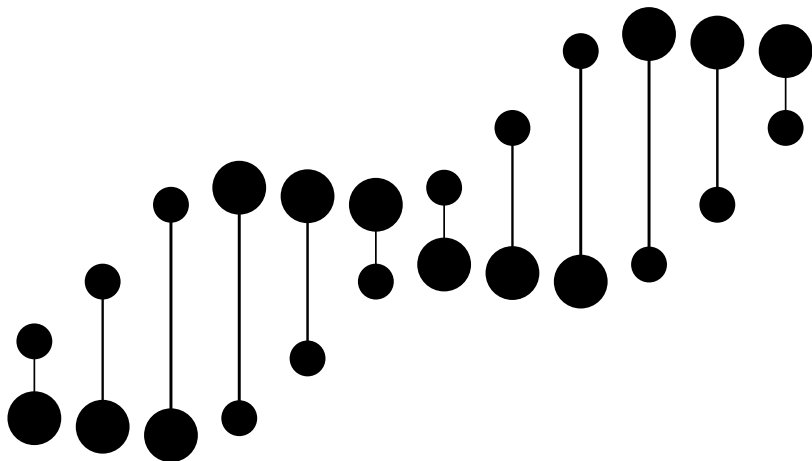
# Das physikalische Modell

## Wirkende Kräfte

- ▶ für jeden Massepunkt  $i$  wird die Federkraft  $F_i^{spring}$  berechnet
- ▶ für jeden Massepunkt  $i$  wird die Reibungskraft  $F_i^{friction}$  berechnet
  - ▶  $F_i^{friction} = -k_f \cdot f_i \cdot V_i$
  - ▶  $k_f$ , der globaler Reibungskoeffizient
  - ▶  $V_i$ , die Geschwindigkeit der Punktmasse  $i$
  - ▶ für jedes Segment  $k$  wird ein spezifischer Reibungskoeffizient  $g_k$  berechnet:
$$g_k = \begin{cases} -m_k & \text{falls } \cos(ft + 2\pi p) \leq 0 \\ m_k & \text{falls } \cos(ft + 2\pi p) > 0 \end{cases}$$
 $m_k$ , die Reibungszahl eines Segements
  - ▶ verbindet ein Segment  $k$  zwei Punkte  $i$  und  $j$  miteinander, so wird  $g_k$  zu  $f_i$  addiert und von  $f_j$  subtrahiert
  - ▶ dadurch wird ein Punkt rutschiger und der andere klebriger
- ▶ mit Hilfe beider Kräfte werden die übrigen Größen bestimmt

# Das physikalische Modell

## Fortbewegung einer Kreatur



**Abbildung:** Eine Kreatur in Bewegung. Große Punkte signalisieren eine hohe Reibung, wohingegen kleine Punkte rutschig sind.

# Interaktion

## Allgemein

- ▶ Jagd- und Fluchtverhalten gehören zum Alltag der Natur

# Interaktion

## Allgemein

- ▶ Jagd- und Fluchtverhalten gehören zum Alltag der Natur
- ▶ jede Kreatur hat zwei besondere Massepunkte: ein Herz und einen Mund
- ▶ eine Kreatur erbeutet eine andere, wenn der Mund in den Bereich des Herzens kommt
  - ▶ der Sieger darf sich reproduzieren
  - ▶ der Verlierer stirbt

# Interaktion

## Allgemein

- ▶ Jagd- und Fluchtverhalten gehören zum Alltag der Natur
- ▶ jede Kreatur hat zwei besondere Massepunkte: ein Herz und einen Mund
- ▶ eine Kreatur erbeutet eine andere, wenn der Mund in den Bereich des Herzens kommt
  - ▶ der Sieger darf sich reproduzieren
  - ▶ der Verlierer stirbt
- ▶ alle Kreaturen leben in derselben Umgebung
  - ▶ mehr Zusammenstöße pro Zeit
  - ▶ Kreaturen müssen ihre Beute selber auswählen
  - ▶ Kreatur kann gleichzeitig Jäger und Gejagter sein
  - ▶ Alternative: Mini-Turniere

# Interaktion

## Eigenschaften von Sensoren

Wie nehmen sich Kreaturen gegenseitig wahr?



# Interaktion

## Eigenschaften von Sensoren

Wie nehmen sich Kreaturen gegenseitig wahr?

- ▶ Segmente können mit Sensoren ausgestattet sein
- ▶ Sensoren beeinflussen das Verhalten eines Segments
- ▶ Eigenschaften von Sensoren
  - ▶ Position (Entfernung und Winkel bezogen auf das Segment)
  - ▶ Radius
  - ▶ Körperteil (Herz oder Mund)
  - ▶ Stärke des Einflusses
  - ▶ Art des Einflusses

# Interaktion

## Einflüsse von Sensoren

- ▶ Sensoren können Segmente auf drei Arten beeinflussen
  1. die Amplitude des Segments wird verändert
  2. der Reibungskoeffizient wird verändert
  3. die Reibungszahl wird verändert

# Interaktion

## Einflüsse von Sensoren

- ▶ Sensoren können Segmente auf drei Arten beeinflussen
  1. die Amplitude des Segments wird verändert
  2. der Reibungskoeffizient wird verändert
  3. die Reibungszahl wird verändert
- ▶ Wie könnten die Auswirkungen aussehen?

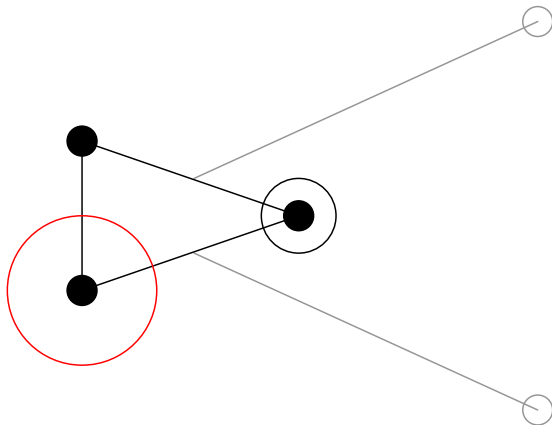
# Interaktion

## Einflüsse von Sensoren

- ▶ Sensoren können Segmente auf drei Arten beeinflussen
  1. die Amplitude des Segments wird verändert
  2. der Reibungskoeffizient wird verändert
  3. die Reibungszahl wird verändert
- ▶ Wie könnten die Auswirkungen aussehen?
  1. ein Segment schwingt mehr oder weniger stark
  2. ein Massepunkt wird klebriger oder rutschiger
  3. die Kreatur wird langsamer/schneller oder ändert die Richtung

# Interaktion

## Beispiel einer Kreatur mit Sensoren



**Abbildung:** Eine einfache Kreatur mit Herz, Mund und zwei nach vorne gerichteten Sensoren.

# Fortpflanzung

## Allgemein

- ▶ asexuelle Vermehrung
- ▶ der Sieger eines Kampfes darf sich reproduzieren

# Fortpflanzung

## Allgemein

- ▶ asexuelle Vermehrung
- ▶ der Sieger eines Kampfes darf sich reproduzieren
- ▶ 10% Mutationswahrscheinlichkeit
- ▶ mehrere Mutationen sind möglich
- ▶ es gibt drei Arten von Mutationen
  1. Segmentmutationen
  2. Verhaltensmutationen
  3. strukturelle Mutationen

# Fortpflanzung

## Segmentmutationen

- ▶ pro Mutation wird nur ein Segment modifiziert
- ▶ dieses Segment wird zufällig gewählt
- ▶ ein Parameter des Segments wird verändert
  - ▶ Segmentlänge
  - ▶ Amplitude
  - ▶ Frequenz
  - ▶ Phase
  - ▶ Reibungszahl



# Fortpflanzung

## Verhaltensmutationen

- ▶ es gibt zwei Möglichkeiten
  1. eine der folgenden Eigenschaften wird verändert:
    - ▶ Position (Entfernung und Winkel bezogen auf das Segment)
    - ▶ Radius
    - ▶ Körperteil (Herz oder Mund)
    - ▶ Art und Stärke des Einflusses auf das Segment
  2. die gesamten Eigenschaften eines Sensors werden auf einen anderen übertragen.

# Fortpflanzung

## Strukturelle Mutationen

- ▶ es wird eine der folgenden Mutationen zufällig gewählt
  - ▶ Modifikation der Position des Herzens
  - ▶ Modifikation der Position des Mundes
  - ▶ Entfernen eines Segments
  - ▶ Hinzufügen eines einzelnden Segments (baumelndes Segment)
  - ▶ Verbinden zweier baumelnder Enden mit einem neuen Segment
  - ▶ Verbinden von zwei baumelnden Segmenten
  - ▶ Hinzufügen zweier Segmente zu einem bestehenden (bilden ein Dreieck)

# Simulation

„Lone ancestor run“ — Ablauf

Wie entwickeln sich Kreaturen in einer Simulation?

# Simulation

## „Lone ancestor run“— Ablauf

Wie entwickeln sich Kreaturen in einer Simulation?

- ▶ Simulation mit 100 Kreaturen
  - ▶ 99 bewegungsunfähige Kreaturen (Nahrung)
  - ▶ 1 bewegungsfähige Kreatur (Vorfahre (engl. ancestor))
- ▶ insgesamt 100 Simulationen
  - ▶ immer mit den gleichen Parametern
  - ▶ nur der Zufallsgenerator wird unterschiedlich initialisiert

# Simulation

## „Lone ancestor run“— Ablauf

Wie entwickeln sich Kreaturen in einer Simulation?

- ▶ Simulation mit 100 Kreaturen
  - ▶ 99 bewegungsunfähige Kreaturen (Nahrung)
  - ▶ 1 bewegungsfähige Kreatur (Vorfahre (engl. ancestor))
- ▶ insgesamt 100 Simulationen
  - ▶ immer mit den gleichen Parametern
  - ▶ nur der Zufallsgenerator wird unterschiedlich initialisiert
- ▶ Beobachtungen
  - ▶ unterschiedliche Strukturen
  - ▶ unterschiedliche Bewegungsmechanismen
  - ▶ schnelle Kreaturen sind häufig erfolgreicher
  - ▶ der Mund befindet sich meist vorne
  - ▶ das Herz befindet sich meist hinten
  - ▶ nach vorne oder zur Seite schwingende Münder
  - ▶ bewegungsarme Herzen

# Simulation

„Lone ancestor run“ — Sieger

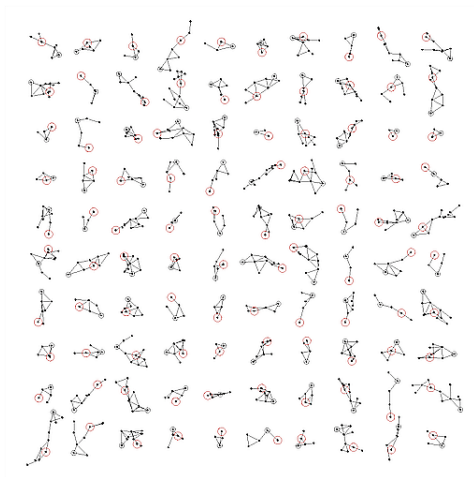


Abbildung: Sieger der „lone ancestor runs“

# Simulation

„Between-generation contest“ — Ablauf

Sind spätere Generationen erfolgreicher?

# Simulation

## „Between-generation contest“— Ablauf

Sind spätere Generationen erfolgreicher?

- ▶ 50 Kopien der erfolgreichsten Kreatur nach 500.000 Zeiteinheiten bilden das erste Team
- ▶ 50 Kopien der erfolgreichsten Kreatur nach 2.000.000 Zeiteinheiten bilden das zweite Team
- ▶ beide Teams treten für eine feste Zeit gegeneinander an
- ▶ die Zahl der Siege pro Team wird gezählt
- ▶ die Anzahl an Kreaturen pro Team bleibt erhalten
- ▶ keine Mutationen möglich



# Simulation

„Between-generation contest“ — Ergebnisse

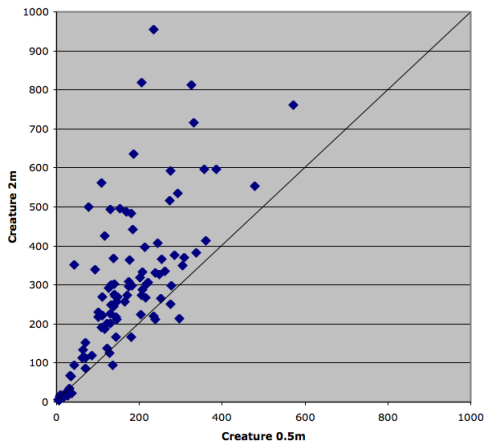


Abbildung: Ergebnisse der „between-generation contests“

# Simulation

„Tournament“— Ablauf

Welche Kreatur ist die erfolgreichste?

# Simulation

## „Tournament“— Ablauf

Welche Kreatur ist die erfolgreichste?

- ▶ Wettkampf unter den Siegern der „lone ancestor runs“
- ▶ das Turnier besteht aus einer Vorrunde und dem Finale
- ▶ die Vorrunde besteht aus zehn Wettkämpfen
  - ▶ es treten jeweils zehn verschiedene Kreatur-Typen gegeneinander an
  - ▶ von jeden Kreatur-Typen gibt es zehn Exemplare
- ▶ die zehn Gewinner der ersten Runde treffen im Finale aufeinander
- ▶ der Gewinner eines Zweikampfes wird kopiert
- ▶ der Verlierer eines Zweikampfes stirbt
- ▶ es gibt keine Mutationen
- ▶ Sieger eines Wettkampfs ist der Kreatur-Typ der als einziger überlebt

# Simulation

„Tournament“ — Finale

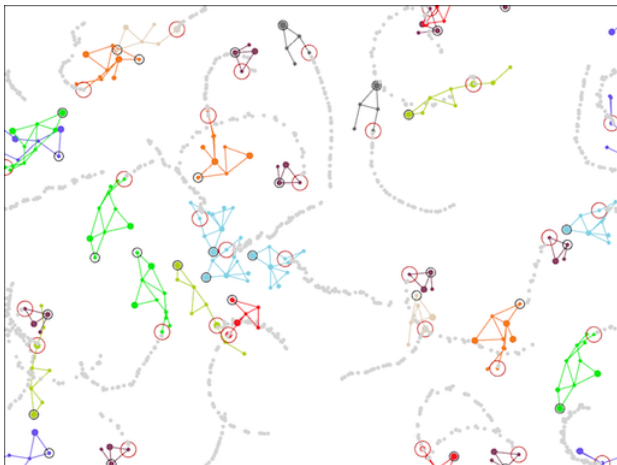


Abbildung: Ausschnitt aus dem Finale