Eusozialität und Schwarmrobotik

Alexander Kraft
Johannes Steiner
Petra Schöner
Jana Stein

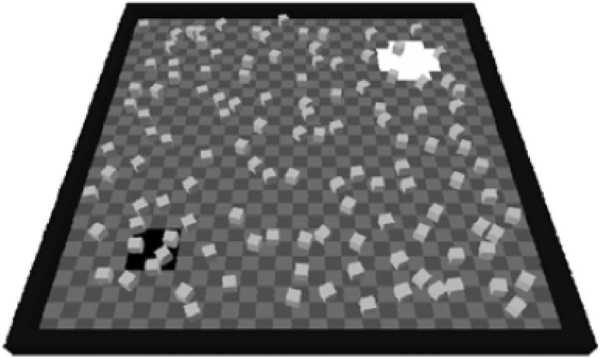
February 6, 2013

Trophallaxis

- Auffüllen des Nektarspeichers
- Bewegung in Richtung Bienenstock
- Verbrauch
- trophallaktischer Kontakt
- Abgabe des Nektars im Bienenstock
- $\rightarrow$ Entstehung eines Gradienten

Schmickl & Crailsheim

- dirt und dump area
- Ziel: Direkter Transport von dirt zur dump-area



- Jeder Roboter: 2 *virtuelle* Nektarspeicher → 2 Gradienten

Gradient

$$v_{n,i}(t+1) = v_{n,i}(t) - c_{n,i}(t) - t_{n,i,j}(t) + a_{n,i}(t)$$

$$c_{n,i}(t) = v_{n,i}(t) r_{c,n}$$

$$t_{n,i,j} = \frac{(v_{n,i}(t) - v_{n,j}(t)) \cdot r_{t,n}}{N}$$

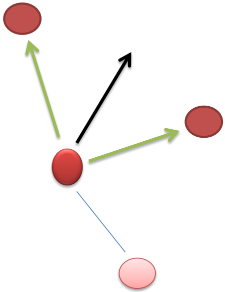
$$a_{n,i}(t) = \begin{cases} r_{a,n}, & \text{wenn n} = 1 \text{ und Robot i auf dirt-area } \textit{oder} \\ & \text{wenn n} = 2 \text{ und Robot i auf dump-area} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Bewegungsmodell

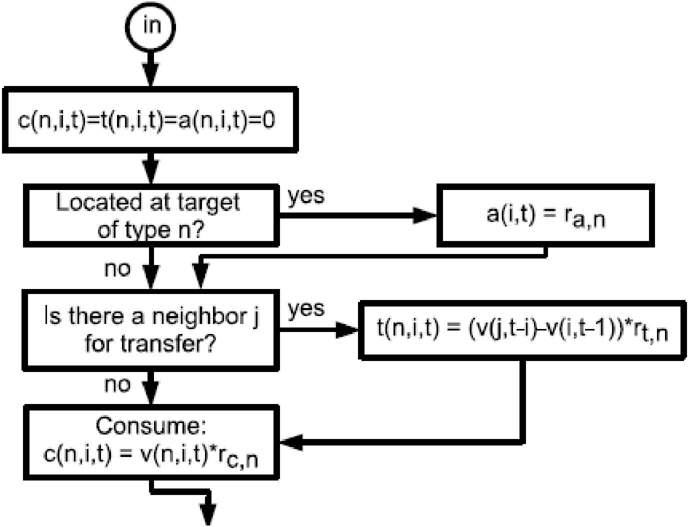
$$x(t+1) = x(t) + v_0\, cos(\varphi(t, X))$$

$$y(t+1) = y(t) + v_0\, sin(\varphi(t, X))$$

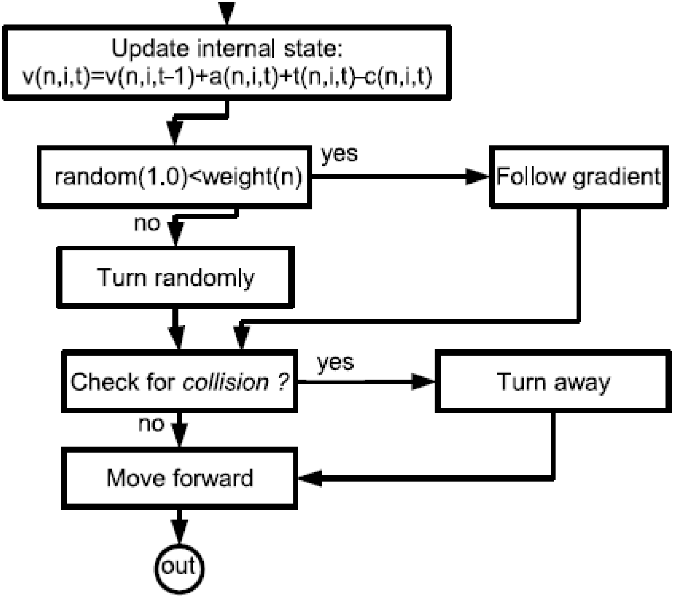
- Wahl von φ



Ablauf: Interaktion



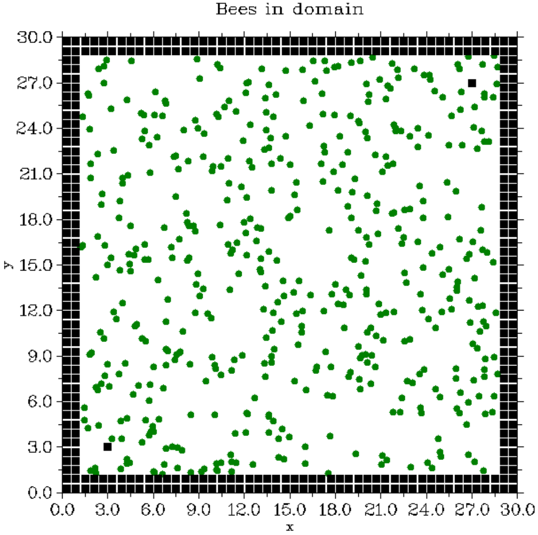
Ablauf: Bewegung



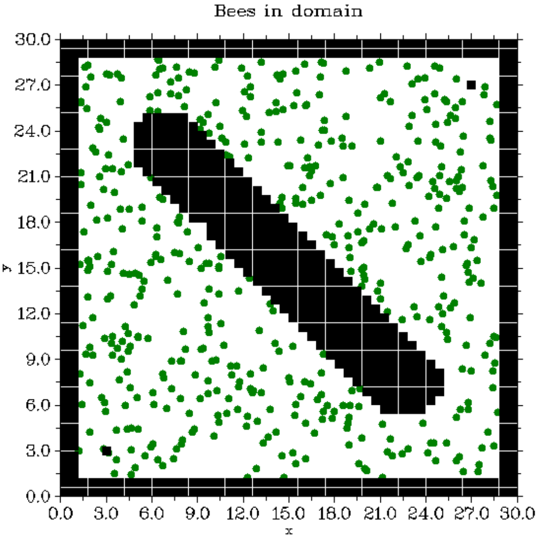
Neuerungen im Vergleich zur Zwischenpräsentation

- Erweiterung um Hindernisse
- beliebige Hindernisse aus Datei ladbar
- Visualisierung: kumulierte Pfaddichten
- Visualisierung: Nektar-Variablen ν_1, ν_2

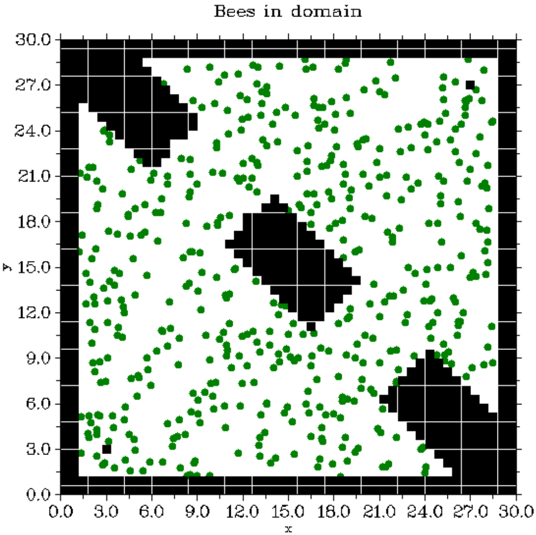
Szenario: äußere Wand



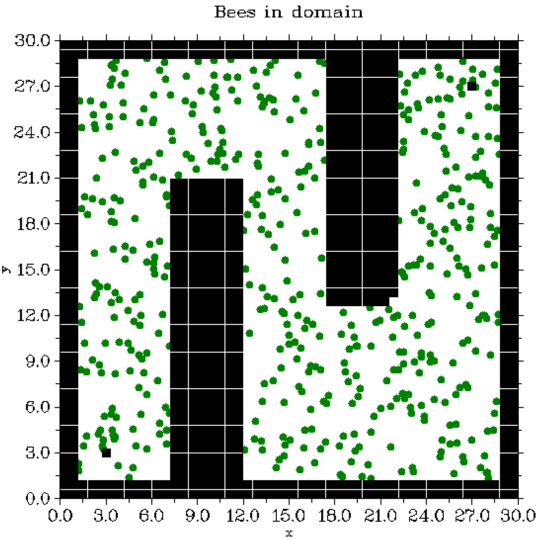
Szenario: Diagonale Wand



Szenario: 2 Gates



Szenario: Labyrinth



Input-to-State Stabilität

Dynamische Systeme mit Input

$$\vec{v} = f(v, u) \quad ||u||_\infty \leq 0$$

Input-to-State Stabilität

Dynamische Systeme mit Input

$$\vec{v} = f(v, u) \quad ||u||_\infty \leq 0$$

$$\boxed{\textbf{ISS-Stabilität } ||v(t)|| \leq \eta(||v_0||, t) + \gamma(\sup_{0 \leq \tau \leq t} ||u(\tau)||)}$$

Input-to-State Stabilität

Linearer Fall

$$\dot{v}(t) = Av(t) + Bu(t)$$

Input-to-State Stabilität

Linearer Fall

$$\dot{v}(t) = Av(t) + Bu(t)$$

Mit einem asymptotisch stabilen $A \in \mathbb{R}^{n \times m}$ gilt:

$$||v(t)|| \leq e^{-\gamma t} \, ||v_0|| + ||B|| \, \frac{\gamma}{\beta} \, \underset{0 \leq \tau \leq t}{sup} \, ||u(\tau)||$$

Beispiel

$$\dot{v}_1 = -r_c v_1 - r_t(v_1 - v_2) + r_a(t)$$
$$\dot{v}_2 = -r_c v_2 - r_t(v_2 - v_1) + r_a(t)$$

Beispiel

$$\dot{v}_1 = -r_c v_1 - r_t(v_1 - v_2) + r_a(t)$$
$$\dot{v}_2 = -r_c v_2 - r_t(v_2 - v_1) + r_a(t)$$

$$\dot{\vec{v}} = \begin{pmatrix} -(r_c + r_t) & r_t \\ r_t & -(r_c + r_t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_a(t) \\ r_a(t) \end{pmatrix}$$

Beispiel

$$A = \begin{pmatrix} -(r_c + r_t) & r_t \\ r_t & -(r_c + r_t) \end{pmatrix}$$

Beispiel

$$A = \begin{pmatrix} -(r_c + r_t) & r_t \\ r_t & -(r_c + r_t) \end{pmatrix}$$

A ist asymptotisch stabil $\leftrightarrow$ A hat nur negative Eigenwerte

Beispiel

$$A = \begin{pmatrix} -(r_c + r_t) & r_t \\ r_t & -(r_c + r_t) \end{pmatrix}$$

A ist asymptotisch stabil $\leftrightarrow$ A hat nur negative Eigenwerte

$$p(\lambda) = \lambda^2 - Spur(A)\,\lambda + det(A)$$

Beispiel

$$A = \begin{pmatrix} -(r_c + r_t) & r_t \\ r_t & -(r_c + r_t) \end{pmatrix}$$

A ist asymptotisch stabil $\leftrightarrow$ A hat nur negative Eigenwerte

$$\begin{aligned} p(\lambda) &= \lambda^2 - Spur(A)\,\lambda + det(A) \\ &= \lambda^2 + 2(r_c + r_t)\lambda + r_c^2 + 2r_c r_t \end{aligned}$$

Beispiel

$$A = \begin{pmatrix} -(r_c + r_t) & r_t \\ r_t & -(r_c + r_t) \end{pmatrix}$$

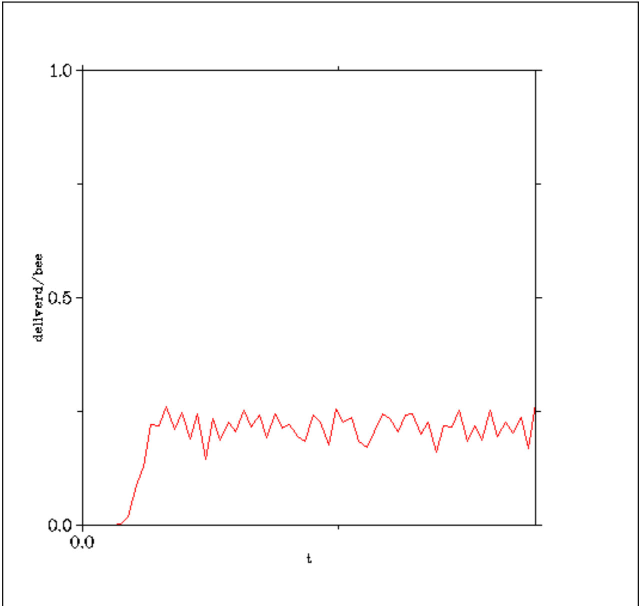
A ist asymptotisch stabil $\leftrightarrow$ A hat nur negative Eigenwerte

$$\begin{aligned} p(\lambda) &= \lambda^2 - Spur(A)\,\lambda + det(A) \\ &= \lambda^2 + 2(r_c + r_t)\lambda + r_c^2 + 2r_c r_t \end{aligned}$$

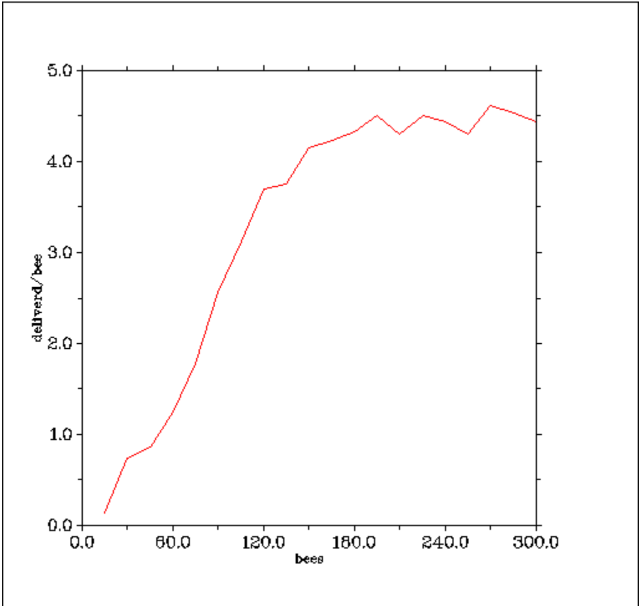
$$\begin{aligned} \rightarrow \lambda_1 &= -r_c & < 0 \\ \lambda_2 &= -r_c - 2r_t & < 0 \end{aligned}$$

Vermessung des Systems

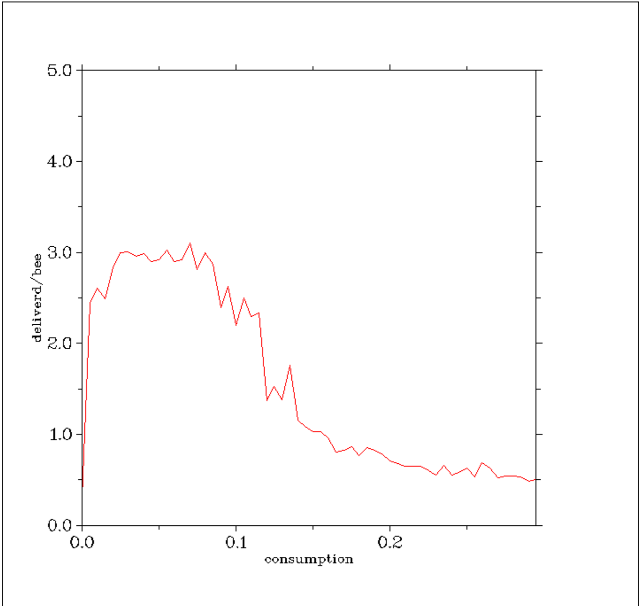
Vermessung des Systems



Vermessung des Systems



Vermessung des Systems



Ausblick

- Parameteroptimierung durch evolutionäre Algorithmen
- Trophallaxis in 3D
- Optimalitätskriterien in Abhängigkeit von Gebietsgröße, Anzahl Agenten,...
- Quantitative Vermessung
- ...

Quellen

- *Trophallaxis within a robotic swarm: bio-inspired communication among robots in a swarm*, T. Schmickl, K. Crailsheim, Springer 2007
- *Konstruktion und Simulation eines mathematischen Rahmenmodells biologischer Kommunikation mittels dynamischer Systeme*, Markus Knappitsch, Bonn 2010