



Swarm Intelligence

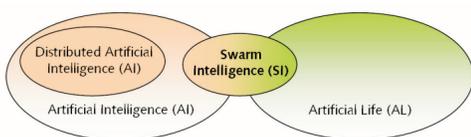
Forschungsprojekt 2004
 Professur Virtuelle Realität, Fakultät Medien
 Projektleitung: Hendrik Wendler, Prof. Bernd Fröhlich
 Teilnehmer: Andrea Lahn, Christian Nitschke, Nicolai Marquardt

Die Swarm- bzw. Multi-Agenten-Systeme haben das Ziel, die evolutionär gewonnenen Erfahrungen von natürlichen Agentensystemen zu extrahieren und nutzbar zu machen. So besteht beispielsweise ein Ameisenschwarm aus vielen autonom handelnden, wenig spezialisierten Individuen, die kein Modell von der Umgebung haben. Sie handeln nur nach ihren vorgegebenen Regeln und so entwickelt sich implizit eine globale Problemlösung; getreu dem Motto:

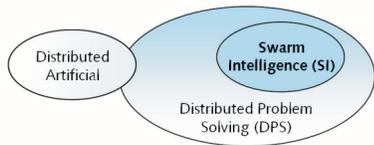
"Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile." (Aristoteles)

Swarm Intelligence: Grundlagen, Theorie

Einordnung in Artificial Systems

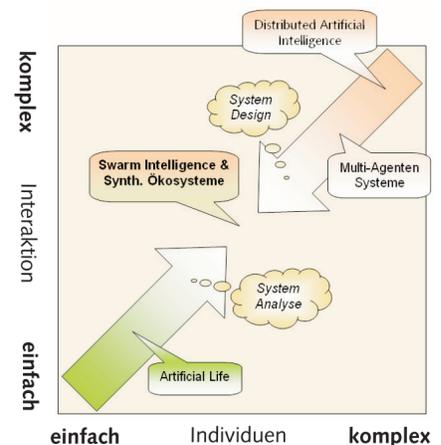


Unter *Artificial Intelligence (AI)* versteht man die Übertragung biologischer Phänomene und natürlicher Prinzipien auf ein anderes physisches Medium (z.B. Computer). Einen verteilten Ansatz für AI stellt *Distributed Artificial Intelligence (DAI)* dar. Hier ordnet man beispielsweise Multi-Agenten-Systeme (MAS) zur Simulation menschlicher Gesellschaften ein. Die Agenten sind komplex strukturiert und verfolgen meist ein Eigenwohl. Interaktionen erfolgen auf einem hohen Niveau. Von einfachen Partikelsystemen bis hin zu künstlichen Ökosystemen erstreckt sich das Gebiet des *Artificial Life (AL)*. Die Agenten bzw. Entitäten sind einfach gehalten. Interaktionen erfolgen auf einem niedrigen Niveau, meistens indirekt über die Reaktion auf wahrgenommene Zustände der Umgebung. *Swarm Intelligence (SI)* vereinigt AL und AI.



Unter *Distributed Problem Solving* versteht man einen Ansatz zur Lösung np-harter, dekomponierbarer Probleme mit Hilfe dezentral organisierter Agenten. SI-Systeme erreichen durch die Nachbildung einfacher Konzepte aus Insektenkolonien ein intelligentes globales Problemlöseverhalten, welches als *Emergenz* bezeichnet wird.

Einordnung zwischen System-Design und -Analyse

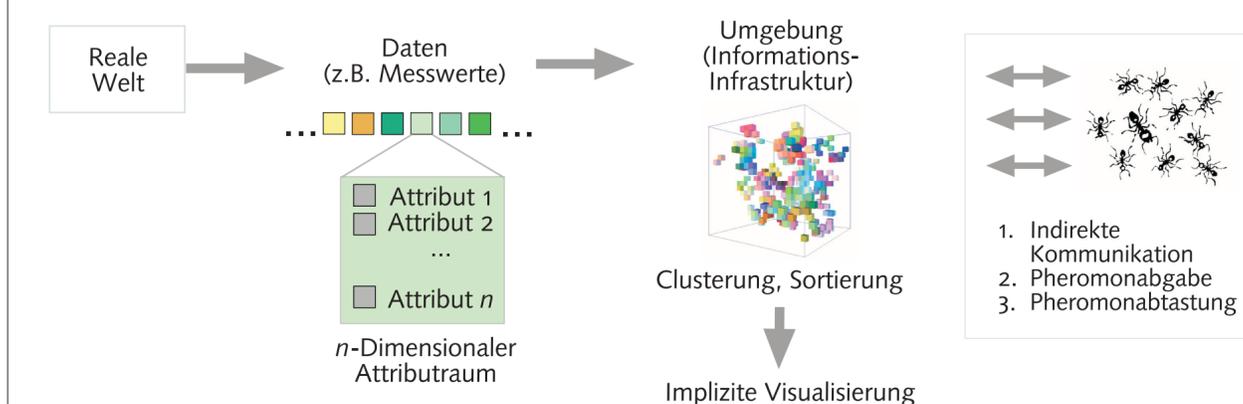


Bei der Arbeit mit SI-Systemen sind top-down System-Design (AI) und bottom-up System-Analyse (AL) gleichermaßen von Bedeutung. Der Design-Aspekt bezieht sich dabei auf das Erstellen von Verhaltensregeln für die Insekten, so dass sich ein gewünschtes globales Verhalten einstellt. Der Analyse-Aspekt bezeichnet die Interpretation der entstehenden globalen Strukturen.

Prinzipien Swarm Intelligence

<h3>Dezentralisierung</h3> <p>Ein SI-System kommt ohne eine zentrale Kontroll- und Koordinationsinstanz aus. Die Aufgabe der globalen Instanz liegt einzig und allein in der Wahrnehmung einer Scheduler-Funktionalität, so daß jeder Agent Zeitfenster erhält, in denen er seine Arbeit erledigen kann. Die Agenten handeln eigenverantwortlich und regelbasiert. Die Dezentralisierung führt zu einer einfachen Skalierbarkeit des Systems, da kein zentraler Verwaltungsaufwand betrieben werden muß.</p>	<h3>Selbstorganisation</h3> <p>Die entstehende Anordnung von Agenten und Objekten ist nicht vordefiniert und wird nicht zentral gesteuert. Sie bildet sich durch lokale regelbasierte Interaktionen der Agenten mit der Umgebung. Besitzt die Selbstorganisation Problemlösecharakter auf einer höheren Ebene - d.h. es gilt der Ausspruch: "Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile" - so spricht man nicht einfach nur von "Swarming" sondern von "Swarm Intelligence".</p>	<h3>Flexibilität</h3> <p>SI-Systeme sind nicht nur fähig, vorgegebene Aufgaben wie beispielsweise Futtersuche oder Sortierung durchzuführen. Neben diesem offensiven Verhalten können sie auch defensiv auf unvorhersehbare Störungen des Systems reagieren. Alles funktioniert durch die Anwendung einfacher Verhaltensregeln.</p>	<h3>Robustheit</h3> <p>Die Bewältigung der Aufgaben funktioniert im Allgemeinen auch bei Ausfall einzelner Agenten. Dafür ist keine Anpassung des Systems erforderlich.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Aufbau eines SI-Systems zur Clusterung n-dimensionaler Datenobjekte



Ein SI-System wird auf einer künstlichen Welt (R^2 , R^3) ausgeführt. Diese bezeichnet man auch als Umgebung oder Informations-Infrastruktur. Agenten mit Eigenschaften natürlicher Ameisen bewegen sich von Zelle zu Zelle und können jeweils nur in ihrer lokalen Nachbarschaft Zustände wahrnehmen und darauf reagieren. Das Prinzip der lokalen Interaktion der Agenten mit ihrer Umgebung bezeichnet man als Stigmergy (indirekte Kommunikation). Dabei wird ein Botenstoff, das sog. Pheromon ausgeschieden. Lokale Pheromon-Konzentrationen werden wahrgenommen und beeinflussen die Entscheidungen der Agenten. Des Weiteren erfolgt die Interaktion durch den Transport von Datenobjekten. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Objekt aufgenommen wird ist umso größer, je weniger Objekte sich in dessen Nachbarschaft befinden (Anzahl) und je mehr dieser Objekte andere Eigenschaften aufweisen (Ähnlichkeit). Umgekehrt verhält sich die Wahrscheinlichkeit für die Ablage von Objekten. Die Verteilung von Pheromon und Datenobjekten stellt das gesamte Wissen der künstlichen Kolonie dar. Die Agenten haben keine Vorstellung dieser globalen Verteilung, können jedoch lokal mit ihr interagieren. Der Begriff "Datenobjekt" bezeichnet ein Datum aus einem n-dimensionalen Attributraum. Wichtig für die Arbeit der Agenten mit den Objekten ist, dass eine Distanzfunktion auf dem Attributraum definiert ist. Anschaulich bedeutet dies, dass es möglich ist, für jeweils zwei Objekte zu bestimmen, wie ähnlich sie sich bzgl. der Werte ihrer Attribute sind. Während der Ausführung des SI-Systems soll sich durch die dezentralen lokalen Interaktionen der Agenten eine räumliche Clusterung/Sortierung der Datenobjekte in der Umgebung einstellen. Die Ergebnisse der Clusterung können für die Informationsvisualisierung eingesetzt werden. Dabei stellt die Visualisierung der künstlichen Welt mit der Anordnung der Datenobjekte implizit schon die eigentliche Informationsvisualisierung dar. Dadurch entfällt der normalerweise notwendige Arbeitsschritt der Berechnung des Layouts.