

# WALK - Fußgängersimulationen durch Multiagentensysteme

## State-of-the-Art

Christian Thiel

HAW Hamburg  
Fakultät für Technik und Informatik

08.06.2011

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

- Entwicklung eines Tools zur Simulation, Visualisierung und Analyse von Massenpaniken
- Simulation auf Basis von Agenten
- Abstraktion der Wahrnehmung durch ein externes Geoinformationssystem
- Verteilung der Komponenten in einer Cloud

- **GOAP: Goal Oriented Action Planning**
  - ▶ STRIPS-ähnlicher Problem Solver
  - ▶ Action ist elementares Handlungsobjekt eines Agenten
  - ▶ definiert Prädikate, Vorbedingungen und Effekte
  - ▶ Erstellung eines Planes durch A-Star-Algorithmus
- Definition von Emotionen durch OCC-Modell [3]
  - ▶ z.B. *Happyness vs. Sadness* order *Anger vs. Fear*
  - ▶ Relevanz von Zielen und Aktionen wird durch Emotionen geändert
- prototypisch bereits implementiert in Bachelorarbeit [7]

# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

# Klassifikation von Fußgängersimulationen

- Unterteilung nach Größe:
  - ▶ Small-Sized: Kleine Simulationen mit max. 100 Personen
  - ▶ Medium-Sized: Hunderte bis Tausende Personen
  - ▶ Huge-Sized: Simulationen mit mehreren Hunderttausend Personen
- Unterteilung nach Methode:
  - ▶ Flow-Based
  - ▶ Cellular Automata
  - ▶ Situated Cellular Agents
  - ▶ Multi-Agent-Systems

# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

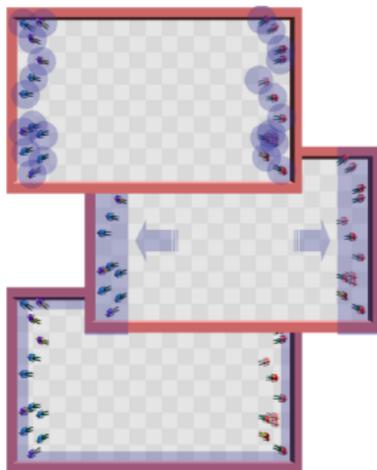
## 4 Kommerzielle Produkte

# Continuum Crowds

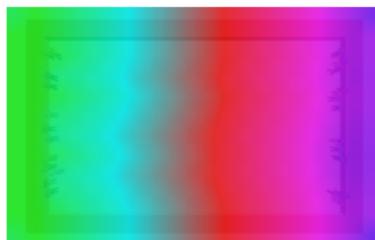
Treulle et al. [11]

- Entwickelt an der University of Washington zusammen mit Electronic Arts
- Betrachten Personen als Partikel und beschreiben Bewegung mit math. Zusammenhängen
- Beispiel:
  - ▶ Steuerung aller Partikel durch Felder (Dichtefelder, Potentialfelder, Geschwindigkeitsfelder)
  - ▶ Jeder Partikel hat eigenes Dichtefeld mit Maximum an eigener Position; Gesamtdichtefeld ist die Summe aller einzelnen
  - ▶ Geschwindigkeitsfeld ist abhängig vom Dichtefeld
  - ▶ Richtungsfeld ist abhängig vom Potentialfeld

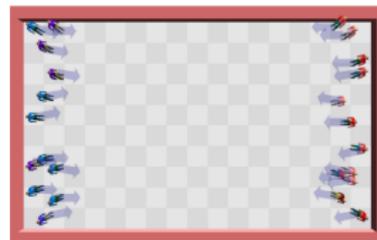
# Continuum Crowds (2)



(a) Einzelne Potentialfelder



(b) Potential addiert



(c) Bewegungsrichtungen

Abbildung: Berechnungsprozess der Bewegungen [11]

# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- **Situated Cellular Agents**
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

# Situated Cellular Agents

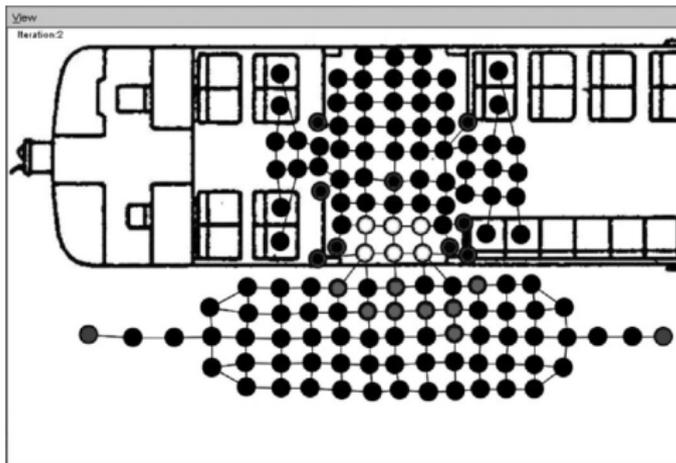
Bandini et al [2]

- Kombination aus zellulärem Automat und Agentensystem
- Simulation definiert durch einen Graph aus *places*, eine Menge von *fields* und *agents*
- Agent definiert durch das Tupel  $\langle state, place, type \rangle$
- Jeder Typ hat verschiedene Stati und Aktionen
- Aktionen modellierbar durch vier Grundoperationen
  - ▶  $emit(s, f, p)$ : Aktivierung eines *fields*
  - ▶  $react(s, a_{p1}, a_{p2}, \dots, s')$  Änderung des Agentenstatus
  - ▶  $transport(p, q)$  Bewegung von einem *place* zum anderen
  - ▶  $trigger(s, f, s')$  Automatische Statusänderung bei Wahrnehmung eines *fields*

# Situated Cellular Agents

## Beispiel: U-Bahn

- Fields: Exit, Doors, Seats, Handles, Presence, Exit Pressure
- Stati: waiting, passenger, get-off, seated, exiting
- Beispielfunktionsweise:
  - ▶ U-Bahn-Tür sendet Signal aus und Agenten im Status *waiting* bewegen sich zur nächsten Tür
  - ▶ Agenten die aussteigen wollen, emittieren Field *Exitpressure*, welches andere Agenten weg drängt



# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- **Multiagentensysteme**

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

# Multiagentensysteme

Shao & Terzopoulos [10]

- Simulierten die Pennsylvania Station, New York City
- Simulation durch autonome, intelligente Agenten



Abbildung: Bilder aus der Simulationsvisualisierung [10]

# Multiagentensysteme

Shao & Terzopoulos (2)

- Umgebung als hierarchisches Modell
- Drei Wahrnehmungstypen (Bodenhöhe, statische Objekte und mobile Objekte)

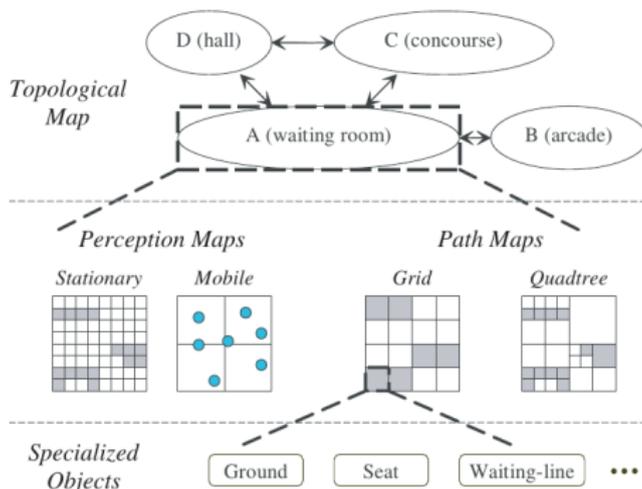


Abbildung: Hierarchisches Modell des Environments [10]

# Multiagentensysteme

Shao & Terzopoulos (3)

- Bewegung basiert auf 6 einzelnen Bewegungsmodellen
  - 1 temporär einer Menschenmenge anschließen
  - 2 statischen Objekten aus dem Weg gehen
  - 3 sicheres Wenden
  - 4 Richtung und Geschwindigkeit statischen Hindernissen anpassen
  - 5 Sicherheitsabstand zum Vordermann halten
  - 6 Kollisionen mit entgegen kommenden Personen vermeiden

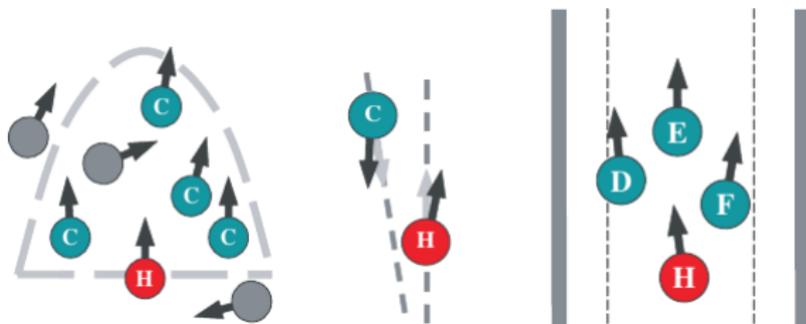


Abbildung: Wegfindungsbeispiele [10]

# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

# Vergleich & Abgrenzung

- deutlich mehr Personen mit Fluss-basierte Simulationen und Zelluläre Automaten modellierbar
- Multiagentensysteme deutlich individueller und genauer
- Vergleich zum MAS von Shao und Terzopoulos
  - ▶ Wahrnehmung aufgeteilt in Sektoren und Layer in einem externen Geoinformationssystem
  - ▶ Verwaltung der Wahrnehmung durch Sensoren
  - ▶ Entscheidungsfindung komplett durch GOAP, keine extra Wegfindungspipeline
  - ▶ Einbeziehung von emotionalen und sozialen Komponenten in die Entscheidungsfindung

# Überblick

## 1 WALK

## 2 Vergleichbare Arbeiten

- Flussgesteuerte Simulationen
- Situated Cellular Agents
- Multiagentensysteme

## 3 Vergleich & Abgrenzung

## 4 Kommerzielle Produkte

# Massive [1]



Abbildung: Massive Software [1]

- Weniger Simulation - mehr Animation
- Authentisches Verhalten der Personen wichtiger als realistisches
- Eingesetzt in der Filmbranche (Herr der Ringe, Inception, Tron Legacy etc.)
- realisiert als Multiagentensystem

# AI.Implant [4]



Abbildung: AI.Implant [4]

- Simulation von Zivilpersonen im Rahmen von Militäreinsätzen
- Auftraggeber US Militär nach diversen Fehlschlägen in diesem Zusammenhang (z.B. Mogadishu, Afghanistan)
- realisiert als Multiagentensystem



## Massive Software.

CTAN <http://www.massivesoftware.com/>.



## S. Bandini, M. L. Federici, and G. Vizzari.

Situated cellular agents approach to crowd modeling and simulation.

*Cybern. Syst.*, 38:729–753, September 2007.



## C. Bartneck.

Integrating the occ model of emotions in embodied characters, 2002.



## buildingSMART International.

Industry Foundation Classes.

CTAN [http://www.iai-tech.org/products/ifc\\_specification](http://www.iai-tech.org/products/ifc_specification).



## C. Burstedde, K. Klauck, A. Schadschneider, and J. Zittartz.

Simulation of pedestrian dynamics using a 2-dimensional cellular automaton, 2001.



## Initiatoren des RiMEA-Projektes.

Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen v2.2.1.

CTAN <http://www.rimea.de/>.



## A. Klingenberg.

Prototypische Entwicklung eines emotionalen Agenten auf der Basis des Goal Oriented Action Plannings, 2009.



## A. Kneidl, M. Thiemann, A. Bormann, S. Ruzika, H. Hamacher, G. Köster, and E. Rank.

Bidirectional coupling of macroscopic and microscopic approaches for pedestrian behavior prediction.

*In Proceedings of the Fifth International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics*, 2010.



**Robert Plutchik.**

**Plutchik's Wheel of Emotions.**

CTAN <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel.svg>, jun 2011.



**W. Shao and D. Terzopoulos.**

**Autonomous pedestrians.**

*Graph. Models*, 69:246–274, September 2007.



**A. Treuille, S. Cooper, and Z. Popović.**

**Continuum crowds.**

In *ACM SIGGRAPH 2006 Papers*, SIGGRAPH '06, pages 1160–1168, New York, NY, USA, 2006. ACM.