

Menschliche Faktoren in Simulationsmodellen

Die Modellierung von Angst und Panik in Menschenmengen auf Basis des PECS- Referenzmodells

Bernhard Schneider
bernhard.schneider@eads.com
EADS Deutschland GmbH, Defence and Communications Systems
88039 Friedrichshafen

Kurzfassung

Zentraler Aspekt der vorliegenden Arbeit ist die Modellierung von menschlichen Verhaltensweisen, die durch den Begriff "Panik" umschrieben werden. Der vorgestellte Ansatz berücksichtigt zwei Modellierungsebenen mit unterschiedlichen Modellierungsanforderungen: eine Micro- Ebene und eine Macro- Ebene.

In der Micro- Ebene werden Wirkmechanismen zur Entstehung individueller Panik modelliert. Dazu werden die verschiedenen Ausprägungen des menschlichen Verhaltensrepertoires, reaktiv, deliberativ und reflektiv, und damit verbundene kognitive und emotionale Prozesse abgebildet.

In der Macro- Ebene wird die Manifestierung individuellen Panik- Verhaltens in kollektiven Verhaltensweisen modelliert, durch die Massenpaniken charakterisiert werden. Diese Modellierungsebene erfordert die Abbildung gegenseitiger Beeinflussung von Individuen im emotionalen, kognitiven und physischen Bereich.

Im beschriebenen Ansatz kommt das agenten- basierte Simulationsparadigma zur Anwendung. Die Grundlage für die psychologisch fundierte Modellierung menschlichen Verhaltens stellt das PECS- Referenzmodell dar.

Die grundlegenden Konzepte für die unterschiedlichen Modellierungsaufgaben sowie deren Eingliederung in das Architekturmuster PECS werden in dieser Arbeit vorgestellt.

1 Einleitung

Die Simulation von Menschenmengen ist ein Forschungsgebiet, zu dessen Anwendungsbereichen die modellhafte Abbildung der Bewegung von Menschen bei Massenpaniken zählt. Bisherige Modellierungsansätze in diesem Bereich stellen zelluläre Automaten und hydro-dynamische Flussmodelle dar [Meyer-König et al. 2000]. In beiden Ansätzen liegt der Fokus auf der Nachbildung der Bewegung von geordneten oder ungeordneten Personenströmen. Der Mensch kommt dabei als Partikel ohne komplexes Innenleben zur Darstellung.

Der, in dieser Arbeit vorgestellte, agenten-basierte Modellierungsansatz sieht die Abbildung von komplexen mentalen Prozessen des Individuums zur Modellierung von Massenpaniken vor. Hierbei wird das menschliche Verhaltenspotential in Form von reaktivem, deliberativem und reflektivem Verhalten abgebildet. Die genannten Arten der Verhaltenskontrolle werden in [Schmidt 2000] beschrieben. Als Modellierungsgrundlage wurde das PECS- Architekturmuster zur Modellierung menschlichen

Verhaltens verwendet. Es berücksichtigt physische Bedingungen, emotionale Zustände, kognitive Fähigkeiten und den sozialen Status. Das PECS- Referenzmodell ermöglicht modularen, hierarchischen Modellaufbau. Eine detaillierte Beschreibung des PECS- Referenzmodells findet sich in [Urban 2004].

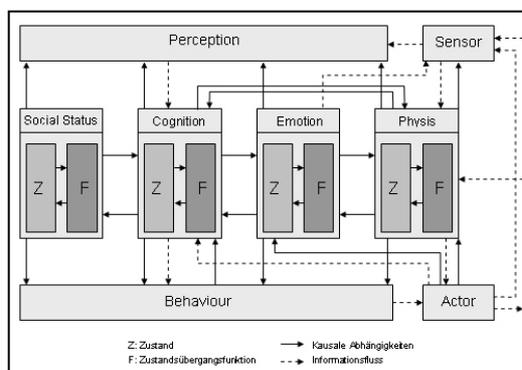


Bild 1: Die Struktur eines PECS- Agenten

2 Entstehung und Kontrolle von Emotion

2.1 Emotionales Verhalten

Die PECS- Komponente Emotion bietet die Möglichkeit, Agenten mit emotionalem Verhalten auszustatten. Grundlage für die Modellierung von Entstehung und Dynamik von Emotionen ist die Theorie des Cognitive Appraisal: die kognitive Bewertung einer Situation ist notwendige Voraussetzung zum Aufkommen von Emotion. Einzelheiten hierzu sind in [Cañamero 1997], [Moffat et al. 1995] und [Ortony et al. 1988] ausführlich beschrieben. Eine Emotion wird durch eine interne Zustandsvariable modelliert¹, deren Wert über die Zeit hinweg kontinuierlich sinkt. Sobald der Agent ein wahrgenommenes Ereignis als bedrohlich klassifiziert, erfährt die, zur Emotion gehörende Zustandsvariable einen plötzlichen diskreten Wertanstieg. Die Stärke des Anstiegs ist abhängig von Persönlichkeitsmerkmalen der modellierten Individuen.

Jede interne Zustandsvariable ist mit einem zugehörigen Motiv verbunden. Dieser Zusammenhang wird in Bild 2 exemplarisch am Beispiel der Zustandsvariable Angst und des zugehörigen Motivs AngstM gezeigt. Das jeweils stärkste unter allen Motiven über die ein Agent verfügt, bestimmt seine Verhaltensweise und damit die Auswahl seiner nächsten Aktionen.

2.2 Emotional Intelligentes Verhalten

Mayer & Salovey definieren Emotionale Intelligenz als kognitive Fähigkeit, Dynamik und Art eigener und fremder Emotionen wahrzunehmen, zu klassifizieren und damit das eigene emotional bedingte Denken und Handeln zu regulieren [Mayer 1997].

¹ Nach [Schmidt 2000, S. 31] wird davon ausgegangen, dass eine einzelne Emotion mit einer Zustandsvariable modelliert werden kann, die nicht von anderen Größen abhängt.

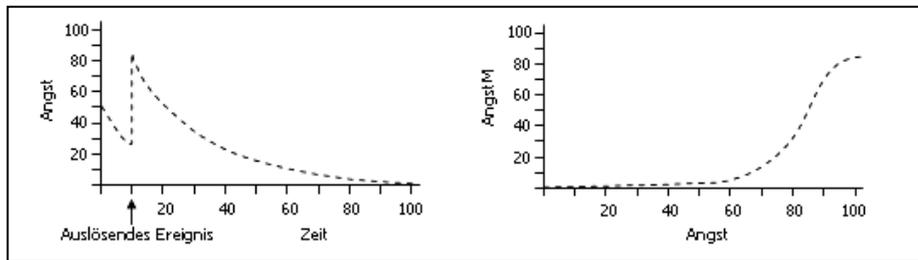


Bild 2: Die Zustandsvariable Angst und das Motiv AngstM

Zentraler Bestandteil der Modellierung Emotionaler Intelligenz ist ein Mechanismus, der es dem Agenten erlaubt, abhängig vom Wert einer Zustandsvariable die seinen Emotionalen Intelligenzquotienten modelliert, den Wert des Motivs AngstM aktiv zu senken. Mit diesem Mechanismus zur Selbstregulation ist der Agent in der Lage, sich seiner Angst bewusst zu werden und sich rasch von einer, durch Angst geprägten Handlungsweise zu lösen.

3 Konzepte zur Modellierung von Panik

3.1 Definition von Panik und Modellierungsanforderungen

[Quarantelli 1954] definiert Panik als akute Angst-Reaktion, gekennzeichnet durch den Verlust der Selbstkontrolle, gefolgt von nicht-sozialem und nicht-rationalem Fluchtverhalten. Aus dieser Definition ergeben sich die grundlegenden Modellierungsanforderungen: Auslösemechanismen für Panik, Einschränkung der Verhaltenskontrolle, gegenseitige Beeinflussung im emotionalen, kognitiven und physischen Bereich, sowie zeitlich beschränkte Reaktionen auf den individuellen Panikzustand.

3.2 Das Motiv PanikM

Nach der Definition von Quarantelli existieren zwei grundlegende Faktoren, die zum Ausbruch individueller Panik führen können: ein starkes emotionales Motiv und ein hoher Grad an innerer Erregung. Die Modellierung eines Auslösemechanismus für individuelle Panik erfolgt daher über die Einführung eines neuen Motivs: PanikM. Die zugehörige Motivstärke ergibt sich aus der individuellen Stärke des involvierten emotionalen Motivs² und der Stärke der inneren Erregung.

Das Überschreiten eines individuellen Grenzwertes für das Motiv PanikM signalisiert den Ausbruch von Panik im modellierten Individuum. Verfügt der betreffende Agent über die Fähigkeit zu Emotional Intelligentem Verhalten, so ist er in der Lage, seine Angst zu regulieren und damit nicht-soziales, panisches Verhalten zu vermeiden oder den Zeitpunkt des Ausbruchs individueller Panik hinauszuzögern.

² In dieser Fallstudie soll als beteiligtes emotionales Motiv exemplarisch das Angstmotiv, AngstM, betrachtet werden.

3.3 Zeitlich beschränkte Panikreaktionen

Nach [Dombrowski et al. 2005] existieren zwei verschiedene Panik-Reaktionen: Handlungsstarre und Hyperaktivität. Handlungsstarre bezeichnet die zeitlich begrenzte Unfähigkeit eines Individuums aufgrund eines schockartigen Zustands Aktionen auszuführen. Ein Agent gerät in einen derartigen Zustand, wenn die Differenz der Stärke des Motivs $Angst_M$ zwischen zwei diskreten Zeitpunkten einen individuellen Schwellenwert überschreitet. Die Starre hält so lange an, bis die Motivstärke von $Angst_M$ unter einen individuellen Grenzwert abgesunken ist. Als Ausprägung hyperaktiven Verhaltens wird in dieser Fallstudie, der Definition folgend, exemplarisch menschliches Fluchtverhalten betrachtet.

3.4 Einschränkung der Verhaltenskontrolle, Auflösung sozialer Bindungen

PECS-Agenten verfügen über verschiedene Arten der Verhaltenskontrolle: Reflektives, deliberatives und reaktives Verhalten, welches sich aus instinktivem und konditioniertem Verhalten zusammensetzt. Der Grad an Verhaltenskontrolle, den ein Agent aufweist, ist abhängig von der Stärke des Motivs $Panik_M$. Allgemein gilt: je niedriger die Motivstärke, desto besser ausgeprägt ist die Fähigkeit des Agenten zur Selbstkontrolle. So ist es einem Agenten mit einem hohen Wert des Motivs $Panik_M$ nur mehr möglich, konditionierte Verhaltensweisen zu zeigen, alle höheren Verhaltensformen werden ausgeschaltet. Die Schwellenwerte zur Abgrenzung der Verhaltensweisen variieren unter den Agenten, abhängig von deren Persönlichkeitseigenschaften. Bild 3 veranschaulicht den Sachverhalt.

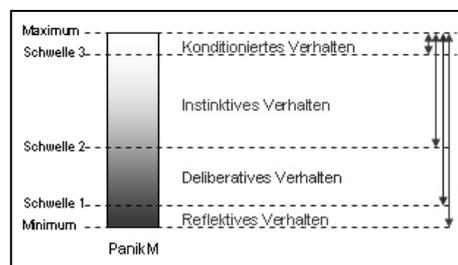


Bild 3: Schrittweiser Verlust der Verhaltenskontrolle

3.5 Die Modellierung emotionaler Beeinflussung

Nach [Latané 1981] beeinflussen Individuen in einer Gruppe gegenseitig ihren emotionalen Zustand. Dies gilt insbesondere auch für panische Individuen, deren Angst sich auf andere Agenten überträgt, die nicht notwendiger Weise selbst bereits ihre Selbstkontrolle verloren haben müssen. Ebenso kann individuelle Angst durch soziale Beeinflussung vermindert werden. Diesem Aspekt wird durch Aufgreifen des, von Latané vorgeschlagenen Ansatzes zur sozialen Beeinflussung Rechnung getragen. Danach wird die, auf ein Individuum wirkende soziale Kraft bestimmt zu $f = (I, N, A)$. Die Parameter sind hierbei die Intensität der beeinflussenden Quelle (I), räumliche und zeitliche Nähe der Beeinflussung (N) und Anzahl der Quellen (A).

3.6 Psychologische und physische Aspekte des Crowding

Crowding umschreibt einen subjektiven, individuellen Erfahrungszustand, in dem der restriktive Aspekt von begrenztem Raum wahrgenommen wird [Stokols 1976]. Nach [Langer et al. 1977] beeinflusst Crowding kognitive Prozesse und intensiviert emotionale Antworten. Die Modellierung sieht Crowding als Faktor zur Berechnung der inneren Erregung eines PECS- Agenten vor. Zudem werden Planungsprozesse durch Crowding verlangsamt sowie Schwellenwerte für den stufenweisen Verlust der Verhaltenskontrolle gesenkt.

Die individuelle Stärke der Beeinflussung durch Crowding ergibt sich aus der Anzahl wahrgenommener Agenten pro Flächeneinheit und den physischen Druck, der durch eine Menge von Agenten auf den betrachteten Agenten ausgeübt wird. Damit besitzt Crowding einen psychologischen und einen physischen Aspekt. Die Konzepte zur Modellierung des physischen Drucks auf Agenten werden ausführlich in [Schmidt 2005] beschrieben und konnten in diesem Kontext übernommen werden.

3.7 Kognitive Beeinflussung: Modellierung kollektiver Flucht-Bewegung

Durch die eingeschränkte Verhaltenskontrolle panischer Individuen ist es diesen nicht mehr möglich, der auslösenden, bedrohlichen Situation durch explizite Planungsvorgänge zu entkommen. Stattdessen erfolgt Anpassung an das Verhalten anderer Individuen, es entsteht eine Fluchtmasse. Zur Modellierung dieses Herdentriebs wird das PECS-Referenzmodell um eine Mittelwertkomponente angereichert. Diese berechnet das arithmetische Mittel aus den individuellen Zielkoordinaten panischer Agenten in x- und y- Richtung. Dieses Mittel stellt, wie in Bild 4 gezeigt, das Gruppenziel der Fluchtmasse dar. Ist die Streuung der individuellen Zielkoordinaten groß, so streben die Agenten keinem gemeinsamen Ziel zu. Zudem gilt: Je kleiner die Streuung, desto größer ist die Motivation für andere Agenten, sich dem Gruppenziel anzuschließen.

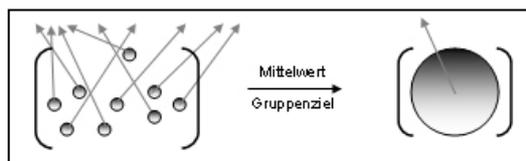


Bild 4: Ermittlung des Gruppenziels während einer Massenflucht

4 Zusammenfassung

In der vorliegenden Fallstudie dient das PECS- Referenzmodell als Architekturmuster zur Modellierung von Agenten, die menschliches Verhalten zeigen. Die Fallstudie zeigt, dass es durch Erweiterungen und Ausgestaltungen des Referenzmodells möglich ist, individuelles wie auch kollektives Panik-Verhalten abzubilden. Hierzu wurde die Modellierung von Auslösemechanismen für Panik, die Einschränkung der menschlichen Verhaltenskontrolle, gegenseitige Beeinflussung während einer Panik, sowie zeitlich beschränkte Reaktionen auf den individuellen Panikzustand beschrieben.

5 Literatur

- [1] *Brickenstein, R.:* Wesen, Prävention und Bekämpfung der Panik. Wehrmedizinische Monatsschrift 6 (1993), S. 187-198.
- [2] *Cañamero, D.:* Modeling Motivations and Emotions as a Basis for Intelligent Behaviour. Proceedings of the First International Symposium on Autonomous Agents (Agents '97) (1997), S. 148-155.
- [3] *Dombrowski, W. R., Pajonk, F.- G.:* Panik als Massenphänomen. Anaesthesist 54 (2005), S. 245-253.
- [4] *Langer, E. J., Saegert, S.:* Crowding and Cognitive Control. Journal of Personality and Social Psychology 35 (3) (1977), S. 175-182.
- [5] *Latané, B.:* The Psychology Of Social Impact. American Psychologist 36 (1981), S. 343-356.
- [6] *Mayer, J. D., Salovey, P.:* What is Emotional Intelligence. Emotional Development and emotional intelligence (1997), S. 3-32.
- [7] *Meyer- König, T., Klüpfel, H., Wahle, J., Schreckenberger, M.:* Microscopic Simulation of Evacuation Processes on Passenger Ships. Proceedings of the Fourth International Conference on Cellular Automata for Research and Industry (2000), S. 63-71.
- [8] *Moffat, D., Frijda, N. H.:* Where there's a Will there's an Agent, in: Wooldridge. Intelligent Agents, Lecture Notes in Artificial Intelligence 890 (1995), S. 245-260.
- [9] *Ortony, A., Clore, G. L., Collins, A.:* The Cognitive Structure of Emotions. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988.
- [10] *Proulx, G.:* A Stress Model For People Facing A Fire. Journal of Environmental Psychology 13 (2) (1993), S. 137-147.
- [11] *Quarantelli, E. L.:* The Nature And Conditions Of Panic. The American Journal of Sociology 60 (3) (1954), S. 267-275.
- [12] *Roseman, I. J., Jose, P. E., Spindel, M. S.:* Appraisal of Emotion-Electing Events: Testing a Theory of Discrete Emotions. Journal of Personality and Social Psychology 59 (5) (1990), S. 899-915.
- [13] *Schmidt, B.:* The Modelling of Human Behaviour, Ghent: SCS-Europe BVBA, 2000.
- [14] *Schmidt, B., Becker, C.:* Bewegung von Menschenmengen - Agentenbasiertes Simulationsmodell zur Untersuchung von Drängel- und Druckmechanismen, Proceedings der Tagung ASIM2005 Erlangen.
- [15] *Stokols, D.:* The Experience of Crowding in Primary and Secondary Environments. Environment and Behaviour 8 (1) (1976), S. 49-86.
- [16] *Urban, C.:* Das Referenzmodell PECS: Agentenbasierte Modellierung menschlichen Handelns, Entscheidens und Verhaltens. Dissertation, Fakultät für Mathematik und Informatik, Universität Passau (2004).