

Zellulärer Zustandsautomat

3. Projekt zu Modellierung und Simulation

Daniel Graf, Dimitrie Diez, Arne Schöntag, Peter Müller

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
2	Beschreibung des Modells	2
3	Anforderungen/Requirements	3
3.1	Allgemeines	3
3.2	Zellen	3
3.3	Hindernisse	3
3.4	Ziele	4
3.5	Personen	4
3.6	Geschwindigkeit der Personen	5
3.7	Zeitmodellierung	5
3.8	Parameter	5
3.9	Berechnungen	5
3.10	Reports	5
3.11	Betriebsmodi	5
3.12	Werte für die Auswertung	5
3.13	Test der Implementierung	6
3.14	Testszenarios für die Simulation	6
3.14.1	Freier Fluss	6
3.14.2	Hühnertest	6
3.14.3	Evakuierung eines Raumes mit 2 Türen	6
3.14.4	Evakuierung eines Raumes mit 4 Türen	6
3.14.5	Fundamentaldiagramm - Rimea-Test 4	6
4	Softwaredesign	6
5	Softwaretest	6
5.1	Verifikation	6
5.2	Validation	6

1 Einführung

Im Zuge der ersten Studienarbeit wurde das Laufverhalten von Probanden in der Ebene und auf der Treppe untersucht. Basierend auf den Erkenntnissen bezüglich der individuellen Wunschgeschwindigkeiten werden in dieser Studienarbeit Personenbewegungen in der Ebene simuliert. Mit Hilfe solcher Simulationen können, beispielsweise im Zuge von Gebäudeplanungen unterschiedliche Gebäude- und Raumgestaltungen simuliert und hinsichtlich schnellster Räumungen im Krisenfall optimiert werden.

2 Beschreibung des Modells

Für die Simulation der Personenbewegungen wird ein zellulärer Zustandsautomat implementiert. Jede Zelle kann entweder leer oder durch eine Person oder ein Hindernis besetzt sein. Sie kann außerdem ein Ziel oder eine Quelle enthalten. Ein Hindernis kann von keiner Person betreten werden. Die Personen versuchen im Laufe der Simulation von der Quelle (Startposition) zum Ziel zu gelangen. Hierbei können sie sich in der sog. Moore-Umgebung bewegen. Es kann jede Zelle betreten werden, die frei ist und eine Nachbarzelle der aktuellen Zelle ist. Als Nachbarzelle wird jede Zelle bezeichnet, welche mit der aktuellen Zelle eine Kante oder Ecke teilt.

Die Ziele werden als attraktiv für die Personen angesehen. Die Personen steigern ihren persönlichen Nutzen, je näher sie dem Ziel kommen. In der Realität fühlt sich eine Person jedoch unwohl, wenn ihr eine fremde Person zu nahe kommt. Im Modell wird dies dadurch berücksichtigt, dass sich der Nutzen einer Person verringert, wenn sie einer anderen zu nahe kommt. Um die Simulation möglichst realistisch zu gestalten, bewegen sich die Personen mit einer individuellen Wunschgeschwindigkeit. Diese wird aus den Ergebnissen der ersten Studienarbeit ermittelt.

Das erläuterte Modell gibt die einzelnen Personenbewegungen aus und visualisiert diese zusätzlich. Die Bewegung der Personen wird in drei getrennten Simulationen mit jeweils unterschiedlichen Algorithmen berechnet. Zunächst wird für jedes Feld der negative euklidische Abstand als Zielnutzen berechnet. Jede Person versucht durch die Wahl des umliegenden Feldes mit dem maximalen Wert seinen Nutzen zu steigern.

In einem zweiten Modell erfolgt die Ermittlung der Personenbewegung mit Hilfe des Floor-Flooding, basierend auf dem Dijkstra Algorithmus. Jede Person wählt von den anliegenden Feldern das Feld, welches die geringste Anzahl an notwendigen Bewegungen bis zum Ziel hat.

In einem dritten Modell erfolgt die Ermittlung der Personenbewegung ebenfalls mit Hilfe des Floor-Flooding. Als Grundlage dient hierbei jedoch die Lösung der Eikonäl-

Gleichung, welche die Ausbreitung einer Welle beschreibt. Hierfür wird der Fast-Marching Algorithmus verwendet.

Im Laufe der Studienarbeit werden die beschriebenen Modelle anhand unterschiedlicher Tests verglichen und ausgewertet. Eine detaillierte Erläuterung der Tests ist im folgenden Kapitel 3.14 beschrieben.

3 Anforderungen/Requirements

3.1 Allgemeines

Es soll ein zellulärer Zustandsautomat implementiert werden. Die Software soll Personenbewegungen in der Ebene simulieren. Die unterschiedlichen Szenarien (Zustand der Zellen zu Beginn der Simulation), wie beispielsweise die Position der Hindernisse werden der Software übergeben. Diese sind im Unterkapitel 3.14 näher erläutert. Es wird davon ausgegangen, dass sich zu Beginn der Simulation alle Personen im Startbereich (es soll möglich sein mehrere Startbereiche anzulegen) befinden.

3.2 Zellen

Das gesamte Feld (zweidimensionaler Bereich indem sich die Personen bewegen können) soll in Zellen eingeteilt werden. Die Größe des Feldes und die Anzahl an Zellen sollen der Software als Parameter übergeben werden.

Jede Zelle soll quadratisch sein. Jede Zelle kann verschiedene Zustände haben. Sie kann entweder leer oder besetzt sein. Ist eine Zelle besetzt, wird noch weiter unterschieden, ob sie durch ein Hindernis, das Ziel- (Personensenke) oder Startfeld (Personenquelle) oder durch eine Person besetzt ist.

3.3 Hindernisse

Es soll davon ausgegangen werden, dass jedes Hindernis eine oder mehrere Zellen ganz belegt. Hindernisse können von den Personen nicht betreten werden. Falls sich ein Hindernis zwischen einer Person und ihrem Ziel befindet, ist die Person gezwungen um das Hindernis herum zu gehen.

In der Realität versucht eine Person einem Hindernis möglichst frühzeitig auszuweichen. Sie senkt somit ihren Nutzen, je näher sie einem Hindernis kommt. Dies wird im weiteren Verlauf dieser Studienarbeit nicht berücksichtigt.

3.4 Ziele

Durch das entsprechende Testszenario werden ein oder mehrere Ziele definiert. Ziele werden als attraktiv für die Personen angesehen. Jede Person erhöht ihren Nutzen, wenn sie sich dem Ziel nähert. Befinden sich mehrere Ziele im Feld, wird die Wahl des Ziels für jede Person abhängig vom Betriebsmodus bestimmt.

3.5 Personen

Jede Person soll in ihrem Startfeld starten und sich im Laufe der Simulation von Zelle zu Zelle auf ihr Ziel hin bewegen und dadurch ihren persönlichen Nutzen, je näher sie dem Ziel kommt, steigern. Jede Person kann sich in der Moore-Umgebung (8 mögliche Bewegungsrichtungen) bewegen. Die möglichen Bewegungsrichtungen sind in Abbildung 1 rot markiert.

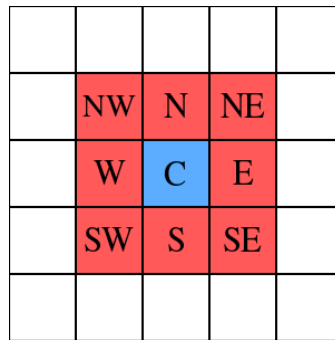


Abbildung 1: Moore-Umgebung

Die Personen können nur freie Zellen betreten. Jede Person wählt genau die Zelle als nächste Zelle, welche ihr den steilsten Nutzenanstieg ermöglicht. Der Nutzen der verschiedenen Zellen wird abhängig vom Betriebsmodus unterschiedlich berechnet. Darüber hinaus soll der Nutzen durch die Position der anderen Personen beeinflusst werden.

Der Nutzen einer Person wird verringern, wenn sie anderen Personen zu nahe kommt. In der Simulation soll folgende Funktion verwendet werden.

$$u_p(d) = \begin{cases} -h \exp(\frac{1}{(\frac{d}{w})^2 - 1}) & \text{falls } |d| < w \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Hierbei wird mit d der Abstand zur nächsten Person bezeichnet. w und h stehen für die Stärke und Reichweite der Funktion.

3.6 Geschwindigkeit der Personen

Jede Person soll eine individuelle Wunschgeschwindigkeit besitzen. Sie bewegt sich bei freier Bahn mit dieser Geschwindigkeit fort. Die Wunschgeschwindigkeiten sollen als normalverteilt angesehen werden. Als Mittelwert und Varianz sollen die errechneten Werte aus der ersten Studienarbeit verwendet werden.

3.7 Zeitmodellierung

Die Applikation unterliegt keinen harten Echtzeitanforderungen. Die Simulation soll für die gesamte Simulationsdauer so schnell wie möglich durchgeführt werden. Es soll keine Globale Uhr modelliert werden.

3.8 Parameter

Die Tabelle 1 zeigt alle möglichen Parameter, welche die Software steuern. Alle Parameter sind optional.

Parameter	Beschreibung	Default
-	-	-

Tabelle 1: Parameter und Defaultwerte

3.9 Berechnungen

Die Aufgabe der Software ist die Simulation von Personenbewegungen. Für möglichst genaue Zeitangaben wird die Java Klasse `BigDecimal` verwendet. Für die Division werden 32 Nachkommastellen berücksichtigt und als Rundungsmodus wird `Half_Even` verwendet, da dieser kumulative Fehler bei sich wiederholenden Berechnungen minimiert. Die anschließende Berechnung und Aufbereitung der Daten (insbesondere für den Test 3.14.5) erfolgt mit Mathematica.

3.10 Reports

3.11 Betriebsmodi

3.12 Werte für die Auswertung

Alle in der Tabelle 2 aufgeführten Werte sollen auf Basis der Simulation ermittelt und ausgewertet werden. Einige Werte werden nur für bestimmte Tests benötigt.

Ermittelte Werte	Beschreibung	Wann benötigt
mittlere Geschwindigkeit	durchschnittliche Geschwindigkeit der Personen	Rimea-Test 4
Fluss (Personen/Meter/s)	Anzahl der Personen mit Geschwindigkeit $> 1\text{m/s}$	Rimea-Test 4
Simulationsdauer	Dauer bis der Test beendet ist	Hühner Test, Evakuierung (2 Türen), Evakuierung (4 Türen)

Tabelle 2: Werte für die Auswertung

3.13 Test der Implementierung

3.14 Testszenarios für die Simulation

Die implementierten Algorithmen (vgl. Betriebsmodi im Unterkapitel 3.11) sollen anhand unterschiedlicher Testszenarios verglichen und verifiziert werden.

3.14.1 Freier Fluss

3.14.2 Hühnertest

3.14.3 Evakuierung eines Raumes mit 2 Türen

3.14.4 Evakuierung eines Raumes mit 4 Türen

3.14.5 Fundamentaldiagramm - Rimea-Test 4

4 Softwaredesign

Der Aufbau der Anwendung wurde im Team diskutiert und anschließend mittels UML spezifiziert.

5 Softwaretest

5.1 Verifikation

5.2 Validation

6 Ausblick und Fazit