

Fussgängersimulation für Evakuierungsprozesse

Eine Software erlaubt es, das Fussgängerverhalten in Objekten, in denen grosse Personendichten auftreten, zu simulieren und auf Sicherheit und Komfort zu optimieren. Das Programm kann sowohl für alltägliche Abläufe als auch für die Simulation von Evakuationen eingesetzt werden.

PASCAL STUCKI, ALEX SCHMID

Fussballstadien, Shopping Centers, Industriegebäude, Flughäfen oder Brücken, die grosse Personendichten aufweisen, sind typische Phänomene unserer Zeit, in der sich die Bevölkerung in Ballungsräumen konzentriert (Bild 1). Mit der zunehmenden Personendichte in Gebäuden steigen jedoch auch die Anforderungen an Planer und Betreiber. Immer mehr Menschen müssen sich bei unterschiedlichsten Bedingungen störungsfrei, komfortabel und schnell in den Gebäuden bewegen können. Und es ist entscheidend, dass sie in Notfällen

auch schnell und sicher evakuiert werden. Um jedoch Gebäude in Bezug auf das Fussgängerverhalten schon im Entwurfsstadium zu optimieren, sind Praxistests oft zu teuer und hydraulische Flussmodelle, die auf der Abbildung von Personenströmen als Flüssigkeiten beruhen, versagen oft, da sie zeitlich gestaffelte Abläufe, verursacht durch den komplexen Aufbau der Gebäude, nicht sinnvoll evaluieren können. Flussmodelle sind zudem sehr zeitintensiv.

Agenten

Für die Überprüfung der Personensicherheit eignen sich da-

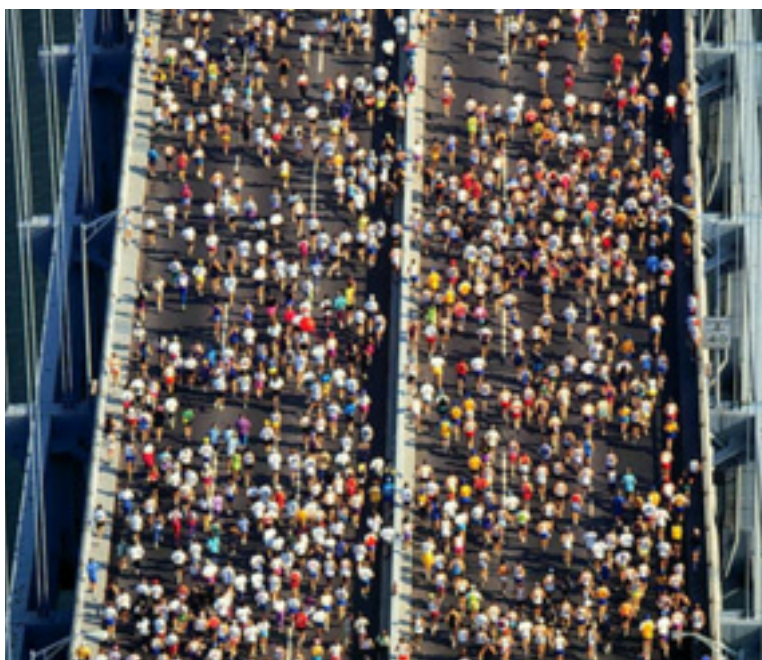


Bild 1. Um grosse Personendichten wie hier bei einem Marathon realistisch zu simulieren, muss das Verhalten der Fussgänger entsprechend der Umgebung und den Personentypen modelliert werden können. Diese personenspezifische Modellierung erlauben Multiagenten-Systeme. (Bilder: ZVG)

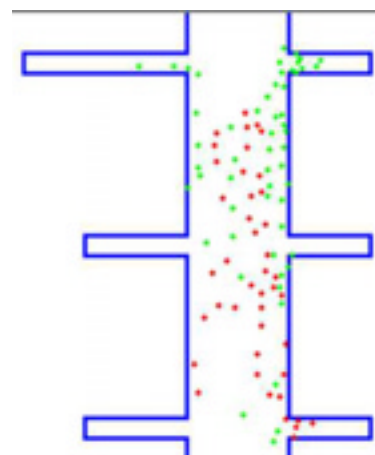


Bild 2. In der visuellen Auswertung einzelner Simulationsläufe sind typische Fussgängerverhalten wie Flusstrennung und die Bildung von Fussgängerlinien, das heisst das Hintereinandergehen mehrerer Personen in eine Richtung, deutlich festzustellen.

für besser Multiagenten-Simulationen, bei denen die Fussgänger als einzelne Agenten simuliert werden. Diese Agenten weisen ein bestimmtes personenabhängiges Verhalten auf, verfolgen bestimmte Ziele und weichen dabei Objekten aus, die sich auf ihrem Weg befinden. Multiagenten-Systeme ergeben realistischere Simulationen von Fussgängern, weil mit ihnen das Verhaltensmuster von realen Menschen, ob in normalen Situationen, bei Bränden oder in anderen Paniksituationen, sehr differenziert nachgebildet werden kann. Die Software Simwalk/Simrun, deren Prototyp an der ETH entwickelt wurde – Simwalk steht dabei für normales Fussgängerverhalten und Simrun für Evakuierungssimulationen – basiert auf einem solchen Multiagentensystem.

Der Bewegungsalgorithmus der Software, über den sich die Agenten

in Gebäuden oder Landschaften orientieren und bewegen, besteht einerseits aus einer von der Distanz abhängigen «Anziehung», die das Ziel auf den Agenten ausübt – zum Beispiel ein Notausgang –; andererseits dem Druck, den andere Fussgänger auf ihn ausüben, sodass die Agenten einen bestimmten Abstand untereinander einhalten; und einem zusätzlichen Druck von Hindernissen oder Wänden, denen die Agenten auszuweichen versuchen.

Fussgängerengpässe

Wiederholte Simulationsläufe unter verschiedenen Bedingungen zeigen dann beispielsweise Fussgängerengpässe auf Grund der vorgegebenen Topografie oder gefährliche Staus, zum Beispiel vor Treppen oder zu schmalen Durchlässen, die in Notfällen die schnelle Personenevakuierung verhindern (Bild 2). Auf Grund dieser Simulationsergebnisse können noch während der Entwurfsphase entsprechende Gegenmassnahmen geplant werden. Die Auswertung der Simulationen geschieht visuell entweder über Einzelbilder oder über Videofilme, die die verschiedenen Läufe in der Zeitfolge darstellen.

Obwohl alle simulierten Fussgänger grundsätzlich über den gleichen Bewegungsalgorithmus verfügen, erlaubt es das Agentenmodell, zusätzliche personenspezifische Parameter wie die Fussgängergeschwindigkeit entsprechend dem Geschlecht und Alter der Personen, oder Abhängigkeiten von Personen untereinander, zum Beispiel von Schülern, die während einer Evakuierung ihrem Lehrer folgen, sehr flexibel zu simulieren.

«Anziehung»

Entscheidend für das Modell ist die oben erwähnte «Anziehung», die den Agenten an das Ziel führt. Das Modell verwendet dabei zwei unterschiedliche Verfahren. Einerseits das «Potential Field»-Verfahren, bei dem das Ziel durch ein Feld mit einem minimalen Potenzial

dargestellt wird, auf das sich die Agenten zu bewegen. Andererseits das Verfahren des Graph-Modells (Bild 3), bei dem die Umgebung und die Zielrichtung durch Knotenpunkte vorgegeben werden. Die Agenten bewegen sich geführt durch die jeweils vom gegenwärtigen Standpunkt aus sichtbaren Knotenpunkte auf das Ziel zu, evaluieren mögliche Wege und vermeiden dabei Hindernisse und oder andere Agenten. Während das «Potential Field»-Modell in kleineren Simulationen optimal eingesetzt werden kann, eignet sich das Graph-Modell besser für komplexere Simulationen, wenn beispielsweise die Agenten mehrere Ziele verfolgen. Der zusätzliche Objekt- und Agentendruck zwingt dann die einzelnen Agenten, ihr Verhalten der jeweiligen Situation anzupassen. Weitere Umgebungsparameter, die die Fussgänger beeinflussen, wie Treppen oder Lifte, werden durch eine entsprechende Veränderung der Fussgängergeschwindigkeit («walkability») simuliert.

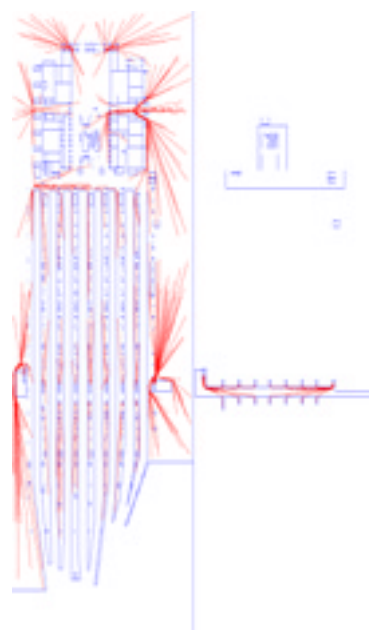


Bild 3. Aufnahme einer Simulation des Zürcher Hauptbahnhofs mit dem Graph-Modell. Sichtbar sind die Wege von 500 Personen, die den Hauptbahnhof verlassen.

Mail-box

Savannah Simulations, Alex Schmid, Alte Dorfstrasse 24
8704 Herrliberg, Tel. 01 790 17 14, Fax 01 790 17 12
079 328 00 47, info@savannah-simulations.ch
www.savannah-simulations.ch

Realistische Simulation

Realistische Resultate und Performance sind die kritischen Faktoren einer Fussgängersimulation. Simulationen des Zürcher Hauptbahnhofs haben gezeigt, dass die Ergebnisse mit Simwalk/Simrun sehr realistisch sind und dem empirisch festgestellten Fussgängerverhalten entsprechen. Die Software erlaubt die realistische Simulation von umfangreichen und komplexen Gebieten und Gebäuden mit mehreren 1000 Agenten. Als Beispiel einer alltäglichen Fussgängersimulation wurde im Zürcher Hauptbahnhof festgestellt, wie viel Zeit Fussgänger bis zum nächsten Ticketautomaten benötigen. Auf Grund dieser Ergebnisse könnte beispielsweise ermittelt werden, wo noch Bedarf für zusätzliche Ticketautomaten besteht.

In diesem Bereich der Simulation alltäglicher Fussgängerbewegungen eröffnen sich viele weitere Möglichkeiten zum Einsatz der Software. So können in Industriebauwerken Fabriklayouts und die entsprechenden Räume und Gänge bei Veränderungen so geplant werden, dass der Ablauf nicht gestört wird und das Tagesgeschäft problemlos und effizient bewältigt werden kann.

Simulationen mit Simwalk/Simrun können mit einem Computer mit Pentium III-700Mhz-Prozessor und 256 MB RAM effizient durchgeführt werden. Um die Performance der Simulation zu erhöhen und das Preis-Leistungs-Verhältnis zu optimieren, verwendet die Software keine aufwändigen 3-D-Interfaces, sondern nur 2-D-Auswertungen. ■

Pascal Stucki, Programmierer; Alex Schmid, Geschäftsführer; Savannah Simulations, Herrliberg