

Fußgängermodell nach Dirk Helbing, Illés Farkas und Tamás Vicsek

Jonas Berndt Merle Erpenbeck Maren Urner

Praktikum „Nichtlineare Modellierung in den Naturwissenschaften“
Betreuung: Tanja Mues

11. Juli 2011

Einführung

- ▶ Simulation von Fußgängerbewegungen in einem Raum
- ▶ Geschwindigkeit und Richtung modelliert durch Differentialgleichung:

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = m_i \frac{\mathbf{v}_i^0(t) \mathbf{e}_i^0(t) - \mathbf{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum \mathbf{f}_{ij} + \sum \mathbf{f}_{iW}$$

- ▶ v_i^0 : angestrebte Geschwindigkeit
- ▶ e_i^0 : angestrebte Richtung
- ▶ τ_i : Beschleunigungszeit
- ▶ f_{ij} : Kräfte zwischen den Fußgängern
- ▶ f_{iW} : Kräfte zwischen Fußgängern und Wänden

Stand nach der Zwischenpräsentation

- ▶ Stabilität verbessern
- ▶ Hindernisse einbauen
- ▶ Benchmark durchführen
- ▶ Verhalten nahe der Tür realistischer gestalten
- ▶ Stürze modellieren

Instabilität

- ▶ Problem wurde nicht gelöst
- ▶ geplanter Benchmark konnte bei hohen Geschwindigkeiten nicht durchgeführt werden
- ▶ Kombination einer Wahl von zu großen Zeitschritten, Fußgängerdichten und angestrebten Geschwindigkeiten ⇒ Instabilität
- ▶ Wahl eines sehr kleinen Zeitschritts ($\Delta t = 0.0005$ Sek)
 - ⇒ hohe Rechenzeiten
 - ⇒ weniger Fußgänger in einem kleineren Raum
- ▶ trotzdem: Entstehung von zu hohen Kräften
 - fester Mindestabstand der Fußgänger zu Beginn
 - weitere Verbesserung könnte Einbau eines Verletzungskriteriums sein

Hindernisse

- ▶ Hindernisse als runde Säulen aufgefasst
- ▶ Kraft analog zur Wandkraft modelliert

$$\mathbf{f}_{iH} = \left\{ A_i \exp \left[\frac{(r_{iH} - d_{iH})}{B_i} \right] + kg(r_{iH} - d_{iH}) \right\} \mathbf{n}_{iH}$$

$$- \kappa g(r_{iH} - d_{iH})(\mathbf{v}_i \cdot \mathbf{t}_{iH}) \mathbf{t}_{iH}$$

- ▶ A_i, B_i, k, κ : Konstanten
- ▶ r_{iH} : Schulterbreite der Personen + Radius des Hindernisses
- ▶ d_{iH} : Abstand zwischen Person und Hindernis
- ▶ n_{iH} : Normalenvektor zwischen Person und Hindernis
- ▶ t_{iH} : Tangentialvektor zwischen Person und Hindernis
- ▶ v_{iH} : Geschwindigkeit der Person

Türkräfte

- ▶ Änderung der angestrebten Richtung nahe der Tür
- ▶ Türkanten als Hindernisse ohne Radius interpretiert
- ▶ Türkräfte nach realistischem Verhalten angepasst
- ▶ Zeitdifferenz zu Helbing von ~ 10 Sekunden bei $1.0m/s$

Die Differentialgleichung

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t)\mathbf{e}_i^0(t) - \mathbf{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum \mathbf{f}_{ij} + \sum \mathbf{f}_{iW} + \sum \mathbf{f}_{iH} + \sum \mathbf{f}_{iT}$$

- ▶ v_i^0 : angestrebte Geschwindigkeit
- ▶ \mathbf{e}_i^0 : angestrebte Richtung
- ▶ τ_i : Beschleunigungszeit
- ▶ f_{ij} : Kräfte zwischen den Fußgängern
- ▶ f_{iW} : Kräfte zwischen Fußgängern und Wänden
- ▶ f_{iH} : Kräfte zwischen Fußgängern und Hindernissen
- ▶ f_{iT} : Kräfte zwischen Fußgängern und Türrahmen

Einfluss eines Hindernisses auf die Evakuierungszeit

Einführung

Verbesserungen

Fazit

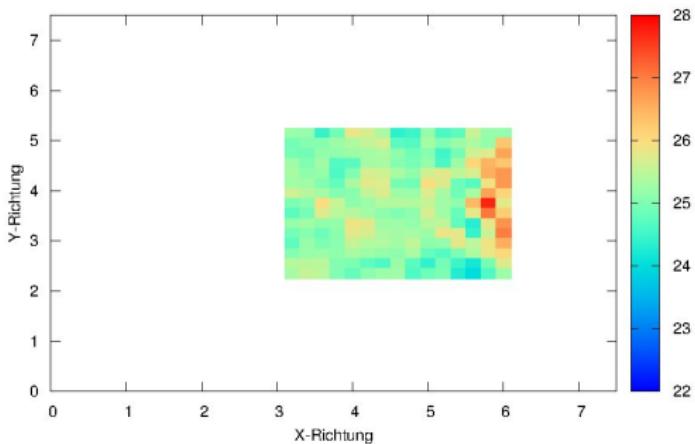


Abbildung: Evakuierungszeit bei einer Geschwindigkeit von 1.5m/s

Fazit

- ▶ unser Programm liefert bei den überprüften Geschwindigkeiten ähnliche Ergebnisse wie Helbings
- ▶ Helbings Beobachtung, dass die Evakuierungszeit bei hohen Geschwindigkeiten wieder zunimmt, konnten wir nicht nachweisen
- ▶ " Clogging" konnte beobachtet werden
- ▶ Der gewählte Ansatz ist sehr rechenintensiv
- ▶ asymmetrisch platzierte Hindernisse führen zu geringeren Evakuierungszeiten
- ▶ Es ist prinzipiell schwierig, Fußgängerbewegungen realistisch zu modellieren, aufgrund der komplexen psychologischen Wechselwirkungen