

AW2 Vortrag

Visualisierung von natürlich vorkommenden Objekten

Malte Eckhoff

May 22, 2014

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E
- 3 PlasticTrees [1]
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]
- 6 Fazit und Ausblick

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E
- 3 PlasticTrees [1]
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]
- 6 Fazit und Ausblick

Motivation

- 1 **Ziel:** Immersion des Benutzers in virtuellen Welten erhöhen
- 2 **Ansatz:** Erhöhung der Glaubwürdigkeit durch Verbesserung der Reaktionen der virtuellen Welt auf die Aktionen des Benutzers
- 3 **Fokus:** Verhalten von Vegetation, besonders Bäumen in virtuellen Welten
- 4 **Viele spannende Problemstellungen:** Mesh-Generierung, Visualisierung des Wachstums, Shaderprogrammierung, Optimierung für große virtuelle Welten... etc.

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E**
- 3 PlasticTrees [1]
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]
- 6 Fazit und Ausblick

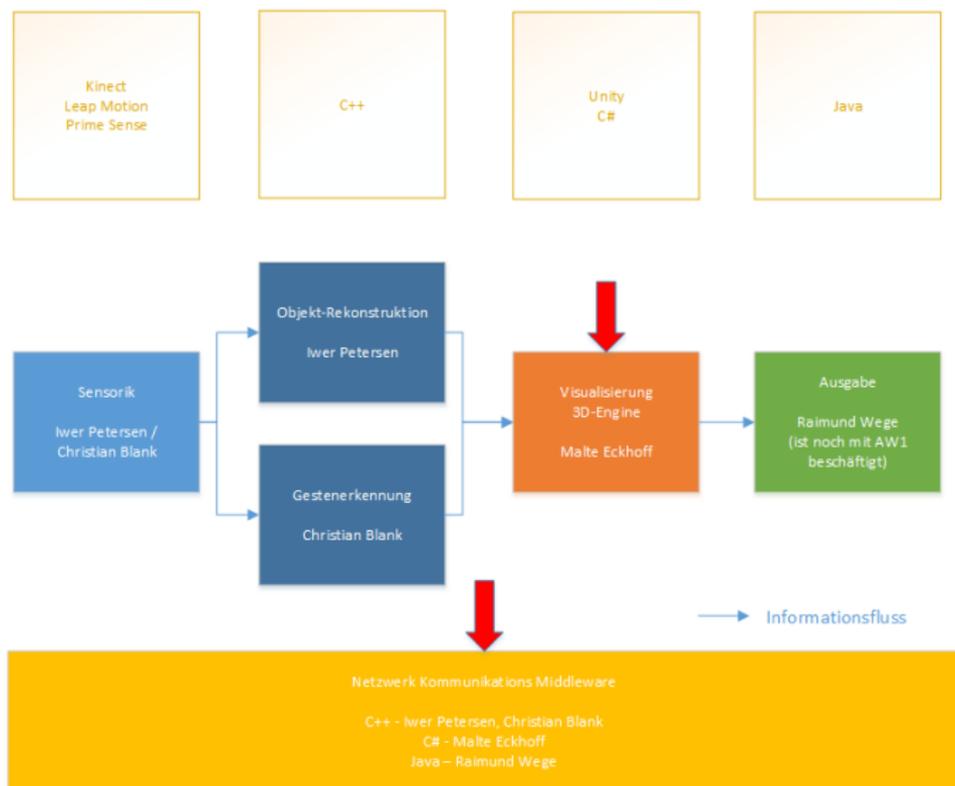
Konzept 1/2

- ➊ Mehrere Benutzer an verschiedenen Standorten
- ➋ Verteilte kooperative Manipulation virtueller Welten
- ➌ Mixed-Reality Anwendung - Einbindung physischer Objekte in die virtuelle Welt
- ➍ Tracking der Benutzer durch Tiefenbild-Kameras (bspw. Kinect)
- ➎ Darstellung der virtuellen Welt mit Hilfe von AR-Brillen

Konzept 2/2

Quelle: <http://i2e.informatik.haw-hamburg.de/>

Komponenten Übersicht



Quelle: -

Ein erster Prototyp

- 1 Unterstützung für einen Benutzer
- 2 Visualisierung eines einfachen Geländes
- 3 Der Benutzer kontrolliert Regenwolken
- 4 Regenwolken bewässern das Gelände
- 5 Hat das Gelände an einer Stelle genug Wasser aufgenommen wachsen dort Bäume
- 6 Bäume sterben ab und verschwinden, wenn sie eine gewisse Zeit kein Wasser erhalten

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E
- 3 PlasticTrees [1]**
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]
- 6 Fazit und Ausblick

Plastic Trees

Motivation



Quelle: http://graphics.uni-konstanz.de/publikationen/2012/plastic_trees/website/

Plastic Trees

Zielsetzung



Quelle: http://graphics.uni-konstanz.de/publikationen/2012/plastic_trees/website/

Plastic Trees

Übersicht

- 1 **Problemstellung:** Anpassung von Bäumen an eine virtuelle Umgebung erfordert Eingreifen des Benutzers
- 2 **Zielsetzung:** Dynamische prozedurale Anpassung der Bäume an die Geometrie ihrer Umgebung
 - 1 zur Laufzeit
 - 2 mit interaktiven Raten
- 3 **Algorithmus Idee:** Die Verfügbarkeit von Licht bestimmt die Gestalt des Baums.
- 4 **Input:** Vollständig generierte 3D Baummodelle aus beliebigen Quellen (bspw. XFrog)

Die Effekte der Umgebung:

- 1 ...sind meistens nicht sichtbar bei den jüngsten Teilen des Baumes
- 2 ...haben starke Auswirkungen auf den Stamm und die Haupt-Äste (Baum-Skelett)

⇒ Simulation der Einflüsse der Umgebung hauptsächlich auf das Baum-Skelett beschränken.

Plastic Trees

Algorithmus - Analyse des Input-Baummodells

- 1 **Generierung eines Modells** für die Reaktion auf Umwelteinflüsse
- 2 Auf Grundlage der **geometrischen und topologischen Eigenschaften** des Baum 3D-Modells
- 3 Annahme: Generierung des Baummodells ohne externe Geometrie
- 4 Annahme: Einziger externer Einfluss: Gestalt des Baumes nur durch Schattenwurf der eigenen Geometrie beeinflusst
- 5 Generierung eines prozeduralen Modells für das Verhalten jedes einzelnen Zweiges auf Grundlage der:
 - 1 geschätzten externen Einflüsse bei der Generierung des Baumes
 - 2 geschätzten Wachstums Eigenschaften

Plastic Trees

Algorithmus - Bestimmung der Parameter des Modells

- 1 Ständiges Entstehen und Absterben von Ästen während des Wachstums \Rightarrow Schattenwürfe ändern sich während des Wachstums ständig
- 2 Verfügbarkeit von Licht bestimmt die Anzahl der Internodium Abschnitte (Segmente ohne Knospen) die während einer Jahreszeit wachsen \Rightarrow Schattenwurf während des Wachstums kann dadurch approximiert werden
- 3 Wichtig für die Bestimmung der Wachstumsparameter des Modells

Plastic Trees

Ergebnis



Quelle: http://graphics.uni-konstanz.de/publikationen/2012/plastic_trees/website/

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E
- 3 PlasticTrees [1]
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]**
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]
- 6 Fazit und Ausblick

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Motivation

Physik basierte Simulationen...

- 1 ... generieren sich qualitativ hochwertig bewegende Bäume.
- 2 ... ermöglichen realistische Reaktionen auf einwirkende Kräfte.
- 3 ... ermöglichen die dynamische Zerstörung eines Baumes bei zu großer mechanischer Belastung.

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Übersicht

- ➊ **Problemstellung:** Erheblicher manueller Aufwand für die Konvertierung vorhandener 3D-Modelle für die Verwendung in Physik-basierten Simulationen
- ➋ **Zielsetzung:** Manuellen Aufwand für den Import von Baum-3D-Modellen drastisch reduzieren (auf nur wenige Minuten(!))
- ➌ **Algorithmus Idee:**
 - ➊ Pflanze in logische Abschnitte (Blätter, Äste, Früchte) aufteilen (Domänen Dekomposition)
 - ➋ Graph auf Grundlage der Verbindungen zwischen Domänen generieren
 - ➌ Spannbaum des Graphen berechnen und für Simulation verwenden
- ➍ **Input:** Vollständig generierte 3D Baummodelle aus beliebigen Quellen (bspw. XFrog)

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Algorithmus - Domänen Dekomposition

- 1 Aufteilung der Pflanze in logische Abschnitte (Domänen) wie Blätter, Äste, Früchte etc.
- 2 Generierung eines Graphen der Domänen
wobei gilt: Zwei Domänen sind genau dann durch eine Kante verbunden, wenn sie benachbart sind.
- 3 Jede Domäne kann in einem timestep separat upgedated werden \Rightarrow
Optimierung: Gleiche Domänen können Daten von anderen gleichen Domänen während eines timesteps wiederverwenden
- 4 Domänen werden durch die Kanten gekoppelt \Rightarrow Erlaubt eine korrekte Interaktion zwischen den Domänen (bspw. Kräfte)

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Algorithmus - Modell Reduktion [4]

- 1 **Modell Reduktion:** Orthogonale Optimierung zur Domänen Dekomposition
- 2 **Idee:** Hoch dimensionales Modell der Dynamik von Domänen durch niedriger dimensionales Modell substituieren
- 3 **Konkret:** Vertex Modell mit drei Freiheitsgraden auf einen geeigneten niedrig dimensional Raum von Vertex Verschiebungen projizieren
- 4 Ergebnisse nur Approximation aber **deutlich schneller**

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Algorithmus - Anwendung der Modell Reduktion auf die Domänen Dekomposition

- 1 Domänen durch logische Gelenke an den Kanten verbinden
- 2 Wurzelknoten bestimmen
- 3 Jeden timestep:
 - 1 Vom Wurzelknoten zu den Blättern: Berechnen:
Interne elastische Kräfte, System-Kräfte, Schnittstellen Kräfte zwischen den Domänen und externe Kräfte (Gravitation, Kollisionen und Benutzer Einwirkung)
 - 2 Deformation einer Domäne berechnen und daraus die Position und Rotation der Kind-Domänen bestimmen
- 4 **Annahme:** Verbindungen zwischen Domänen sind schmal. Ist bei Pflanzen meistens gegeben.

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Workflow

Benötigte Aktionen des Benutzers:

- 1 Der Benutzer teilt das Pflanzen 3D-Modell in Domänen auf.
- 2 Der Benutzer bestimmt sich wiederholende Teile der Pflanze (Instanzen, bspw. Blätter).
- 3 *Das System berechnet den Domänen Graph (F-Graph)*
- 4 Der Benutzer verbindet eventuell vorhandene nicht verbundene Domänen.
- 5 Der Benutzer legt die Wurzel-Domäne fest (den Wurzelknoten des F-Graphen).
- 6 Der Benutzer löst, unterstützt vom System, eventuell vorhandene Schleifen im F-Graphen auf.

Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants

Ergebnis



Quelle: <http://run.usc.edu/botanical/>

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E
- 3 PlasticTrees [1]
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]**
- 6 Fazit und Ausblick

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Motivation

- ① Große virtuelle Welten mit vielen Bäumen
- ② **Problem:** Identische oder sehr ähnliche Bäume senken die Immersion
 - ① **Lösung:** Hohe Variation des Alters der Bäume

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Übersicht

1 **Problemstellung:**

- 1 Modifikation vorhandener 3D-Baum-Modelle, zwecks Generierung von verschieden alten Varianten \Rightarrow hoher manueller Aufwand
- 2 Fachwissen über sehr spezielle 3D-Modelling-Tools erforderlich

2 **Zielsetzung:** Hohe Anzahl an Variationen aus Input-Modell automatisch generieren

3 **Algorithmus Idee:** Aus dem Input Modell lässt sich, mit Hilfe von botanischen Regeln, die Gestalt des Baumes zu jedem Zeitpunkt des Wachstumsprozesses approximieren.

4 **Input:** Vollständig generierte 3D Baummodelle aus beliebigen Quellen (bspw. XFrog)

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Analyse und Aufbereitung von Baum 3D-Modellen

- 1 Baum wird als Graph betrachtet
- 2 Um den Graphen zu generieren wird ein Mesh-Kontraktions-Algorithmus verwendet
- 3 Der Algorithmus bestimmt einen Wurzelknoten
- 4 Basierend auf dem relativen Winkel der Kind-Äste relativ zu ihren Vater-Ästen (beginnend mit dem Wurzel-Ast) lässt sich der Haupt-Stamm bestimmen

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Rückwärts gerichtete Wachstums-Simulation

- 1 Berechnung der Zwischen Wachstums-Stufen die zu dem Baum geführt haben
- 2 Notwendige (wichtigste) Modellierungs-Aufgaben für die Berechnung:
 - 1 Individuelle Wachstumsraten der Äste
 - 2 Interpolation der Radien der Äste
 - 3 Neu hinzufügen abgeschnittener Äste

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Individuelle Wachstumsraten der Äste

- 1 Wachstumsrate (pro Zeiteinheit) eines Astes kann aus der Relation der Länge zu anderen Ästen berechnet werden \Rightarrow Äste wachsen mit einer konstanten Geschwindigkeit
- 2 Nicht biologisch korrekt
- 3 **Aber:** Ergebnisse sehen glaubwürdig genug aus

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Interpolation der Radien der Äste

- 1 **Approximation (Leonardo Da Vinci):** Der Flächeninhalt eines Astes entspricht der Summe der Flächeninhalte seiner Kind-Äste.
- 2 **Genauer (empirische Untersuchungen):** $c^{2,49} = c_1^{2,49} + c_2^{2,49}$

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Neu hinzufügen abgeschnittener Äste

- 1 **Problem:** Input-Baum wurde vielleicht für eine bestimmte Umgebung generiert. Untere Äste werden bspw. in Urbanen Umgebungen gekürzt.
- 2 Fehlende Äste müssen neu hinzugefügt werden.
- 3 **Ansatz:** Bäume sind selbst-ähnliche Strukturen
- 4 **Algorithmus:**
 - 1 Kopiere den größtmöglichen zusammen hängenden Teil aus dem oberen Teil des Baums
 - 2 Füge diesen im unteren leeren Teil des Baumes ein
 - 3 Ergänze die noch fehlenden Teile des Baumes mit so wenig Kopieroperationen wie möglich

Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models

Ergebnis



Quelle: http://graphics.uni-konstanz.de/publikationen/2012/tree_growth/website/

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Projekt I^2E
- 3 PlasticTrees [1]
- 4 Interactive Authoring of Simulation-Ready Plants [2]
- 5 Capturing and Animating the Morphogenesis of Polygonal Tree Models [3]
- 6 **Fazit und Ausblick**

- 1 Generierung von Bäumen ist gut verstanden
- 2 Aktuelle Forschung:
 - 1 **Input:** Fertig generierte 3D-Baummodelle
 - 2 **Problemstellungen:**
 - 1 Anpassung an die Geometrie der Umwelt
 - 2 Interaktion mit dem Benutzer
 - 3 Approximation und Visualisierung der Wachstumsprozesse

Nächste Schritte:

- 1 Netzwerk Middleware finalisieren und im Verbund testen
- 2 Prototyp implementieren
- 3 Wie können diese Konzepte auf die Perspektive unserer Benutzer angewendet werden? Welche Aspekte der Visualisierung sind für unseren Anwendungsfall wichtig, welche nicht?

Fragen?

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit.

Literaturverzeichnis I

- [1] S. Pirk, O. Stava, J. Kratt, and M. Said, “Plastic trees: interactive self-adapting botanical tree models,” *ACM Transactions on ...*, 2012.
- [2] Y. Zhao and J. Barbic, “Interactive authoring of simulation-ready plants,” *ACM TRANSACTIONS ON ...*, no. Figure 1, 2013.
- [3] S. Pirk, T. Niese, O. Deussen, and B. Neubert, “Capturing and animating the morphogenesis of polygonal tree models,” *ACM Transactions on Graphics*, vol. 31, p. 1, Nov. 2012.
- [4] J. Barbic, “SIGGRAPH 2012 Course Notes FEM Simulation of 3D Deformable Solids: A practitioner’s guide to theory, discretization and model reduction. Part 2: Model,” *run.usc.edu*, pp. 1–15, 2012.