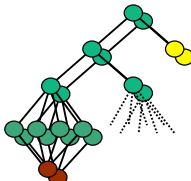




Virtuelle Realität Scenegraphs

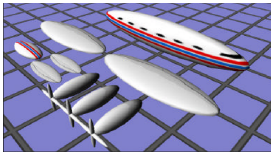
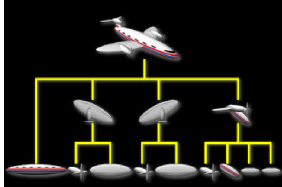


G. Zachmann
Clausthal University, Germany
cg.in.tu-clausthal.de

Motivation

- **Immediate mode vs. retained mode:**
 - Immediate mode = OpenGL / Direc3D = Applikation schickt Polygone / State-Befehle an die Grafik → flexibler
 - Retained mode = Scenegraph = App. legt vordefinierte Datenstrukturen an, die Pgone und States speichern → bequemer und evtl. effizienter
- **Flach vs. hierarchische Datenstrukturen:**



- *Code re-use* und *Know-how re-use!*
- **Descriptive, not imperative (cv. C vs. Prolog)**
 - Thinking objects ... not rendering processes

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 2

Struktur eines Szenegraphen

- Gerichteter, azyklischer Graph, i.A. ein echter Baum
- Heterogene Knoten
- Beispiel:

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 3

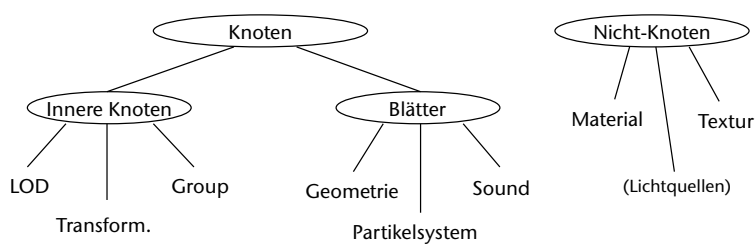
Semantik

- Semantik der Knoten:
 - Wurzel = "Universum"
 - Blätter = "*content*" (Geometrie, Sound, ...)
 - Innere Knoten = Gruppierung, State(-änderungen), und nicht-geometrische Funktionalität (z.B. Transf.)
- Gruppierung: nach welchen Kriterien bleibt der Applikation überlassen:
 - Geometrische Nähe? (Scenegraph induziert BV-Hierarchie!)
 - Nach Material? (state changes kosten Performance!)
 - Nach log. Bedeutung? (alle Wasserleitungen, alle Kabel, alle Sitze, ...)
- Semantik der Kanten = Vererbung des "State"
 - Transformation
 - Material
 - Lichtquellen

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 4

Knotenarten

- 2 Hierarchien: Scenegraph-Hierarchie + Klassenhierarchie
- Die Mächtigkeit und Flexibilität eines Szenengraphen hängt von der Menge der zur Verfügung stehenden Knotenklassen ab!
- Etliche Klassen sind nicht Teil des Scenegraphen, aber doch Teil der Szene



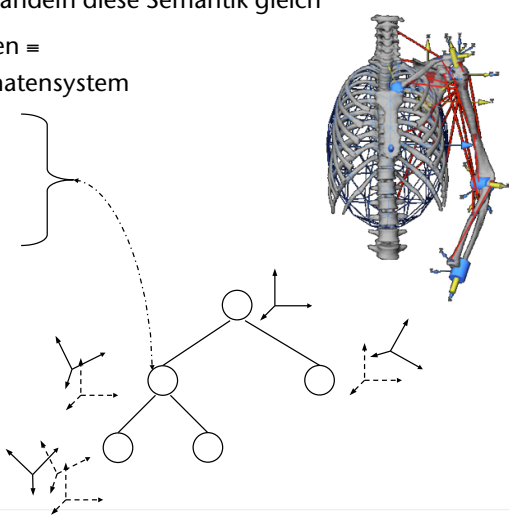
```

graph TD
    Knoten --> InnereKnoten
    Knoten --> Blaetter
    InnereKnoten --> LOD
    InnereKnoten --> Transform
    InnereKnoten --> Group
    Blaetter --> Geometrie
    Blaetter --> Partikelsystem
    Blaetter --> Sound
    NichtKnoten --> Material
    NichtKnoten --> Textur
    NichtKnoten --> Lichtquellen
  
```

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 5

Transformationssemantik

- Alle Scenegraphs behandeln diese Semantik gleich
- Transformationsknoten = neues lokales Koordinatensystem
- `pushMatrix();`
`multMatrix(...);`
`traverse sub-tree`
`popMatrix();`



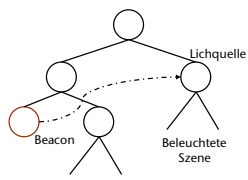
```

graph TD
    Root(( )) --- Node1(( ))
    Root --- Node2(( ))
    Node1 --- Node3(( ))
    Node1 --- Node4(( ))
    Node3 --- Node5(( ))
    Node3 --- Node6(( ))
  
```

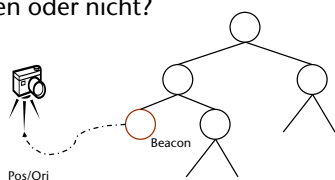
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 6

Issues

- **Lichtquellen:**
 - Teil des Szenengraphen (meistens)
 - Semantik (OpenSG):
 - beleuchtet Teilbaum darunter
 - Pos./Ori kommt von **Beacon**
 - Je nach Art (directional, point, spot) wird verschiedener Anteil der Transformation verwendet



- **Kamera: Knoten im Szenengraphen oder nicht? (gibt beide Varianten)**
 - Ja: Kamera ist ein Knotentyp
 - Nein: Beacon-Konzept



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 7

Material

- **Property eines Knotens**
- **Vererbung: top-down**
 - Pfad von Wurzel zu Blatt muß mindestens 1 Material haben
 - Folge:
 - Jedes Blatt wird mit eindeutig definiertem Material gerendert
 - Dieses läßt sich leicht bestimmen
- **Schlechte Idee (Inventor): Vererbung left-to-right!**

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 8

Sharing von Geometrie

- Problem: große Szenen mit viel identischer Geometrie
- Idee: DAG (statt Baum)
 - Problem: Zeiger/Namen von Knoten sind **nicht mehr eindeutig!**
- Lösung: trenne Struktur von Inhalt
 - Baum besteht nur noch aus **einer** Sorte Knoten
 - Knoten bekommen **spezielle** Eigenschaften / Inhalt durch **Attachments / Properties**
 - Vorteile
 - alles wird share-bar
 - Viele Szenengraphen zur selben Szene möglich
 - Ein Knoten kann viele Attachments (= Eigenschaften) bekommen

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 9

Multi-threading / Thread-safety

- Performer: App / Cull / Draw – Modell
- Idee: mehrere Szenengraphen
- Problem: Speicheraufwand
- Lösung:
 - "Aspects" und *Copy-on-Write* der Attachments
 - Jeder Thread "sieht" einen eigenen Aspect
 - Problem: einfacher Zugriff über Pointers `geom->vertex[0]` geht nicht mehr
 - Lösung:
 - Smart Pointers
 - Pro Klasse eine Pointerklasse. Bsp.:
`geomptr = Geometry::create(...);`
`geomptr->vertex[0] ...`

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 10

▪ Synchronisation: Changelists

▪ Distributed Rendering:

- Wunsch: Rendern auf einem Cluster
- Problem: Änderung des Szenengraphen propagieren
- Lösung: Changelists übertragen
 - Enthalten IDs von geänderten Knoten / Properties
 - Werden bei Update übertragen

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 11

Erweiterbarkeit

- Wunsch:
 - Neue Knoten als SOs/DLLs
 - Soll auch der Loader verstehen können (ohne Neu-Compilieren)
 - Alle Traversierungen sollen funktionieren
- Lösung:
 - Design Patterns (Factory, Visitor, ...)

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 12

Anwendungskriterien für Szenengraphen

- Wann soll man Scenegraphs verwenden:
 - Komplexe Szenen: viele verschiedene Materialien, viel Geometrie, oft ist nur ein Teil zu sehen, komplexe Transformationshierarchien
 - Relativ statische Geometrie
 - Spezifische Features, die ein Scenegraph bietet (Partikel, Clustering, ...)
- Wann man einen Scenegraph **nicht** verwenden soll:
 - Einfache Szenen (ein Objekt in der Mitte)
 - Hochgradig dynamische Geometrie

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 13

Einige (ehem.) populäre Scenegraphs

- SGI Performer (<http://www.sgi.com/software/performer/>)
- Java3D (<http://java.sun.com/products/java-media/3D/>)
- Inventor/Coin (<http://oss.sgi.com/projects/inventor/> ,
<http://www.coin3d.org/>)
- VRML & X3D
- OpenSG (<http://www.opensg.org/>) !
- Open Scene Graph
- Viele andere (siehe www.sf.net , "Game Engines List", ...)

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 09/10 Scenegraphs 14

