
Zusammenfassung

Mit interaktiver Echtzeitgrafik und 3D-Benutzungsoberflächen (3D-GUIs) ist in bestimmten Anwendungsbereichen ein intuitiveres Arbeiten möglich als mit etablierten, an der Desktop-Metapher orientierten Schnittstellen. Trotz langjähriger Forschungsarbeiten im Bereich Virtuelle Realität (VR) existieren jedoch kaum Richtlinien und keine Standards für die Entwicklung dreidimensionaler Anwendungen. 3D-Widgets – die Interaktionselemente eines 3D-GUIs – sind bisher unzureichend erforscht worden und stehen nicht in Form von Bibliotheken oder APIs zur freien Verfügung. Dabei erleichtern sie die Arbeit gerade im Bereich Desktop-VR: bei interaktiver 3D-Grafik ohne Spezialhardware unter Nutzung von Standard-PCs. Durch die dynamische Leistungsentwicklung von Prozessoren, Grafiksубsystemen und Internet-Anbindungen erhält erstmals ein großer Nutzerkreis Zugang zu Web-basierten 3D-Anwendungen, die u.a. Erfolgspotential für Produktvisualisierungen, E-Commerce- oder Lehr-/Lernsysteme besitzen. Trotz zahlreicher Web3D-Formate gibt es aber noch keinen etablierten Autorenprozeß und nur wenige geeignete Werkzeuge. So ist der Entwicklungsaufwand für 3D-Anwendungen zu hoch, und es gibt kaum flexible Wiederverwendungskonzepte.

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, interaktive 3D-Anwendungen in einfacher Weise aus wiederverwendbaren, standardisierten Bausteinen zusammensetzen, wobei visuelle, interdisziplinär nutzbare Werkzeuge zum Einsatz kommen. Künftigen Entwicklern sollen dafür auch Designrichtlinien und ein Repertoire von Interaktionstechniken und 3D-Widgets zur Verfügung stehen. Damit gliedert sich die Arbeit – neben einer Darstellung des Standes der Forschung und Technik im Web3D-Bereich – in zwei wesentliche Teile und Hauptbeiträge.

Im ersten Teil werden zur Lösung der konzeptionell-gestalterischen Probleme von Desktop-VR-Anwendungen und 3D-Benutzungsschnittstellen generelle Gestaltungsrichtlinien entwickelt. Zur räumlichen Gliederung von 3D-Anwendungen wird das Konzept der *Action Spaces* eingeführt, das mit Raum-, Struktur- und Navigationsmetaphern vorgestellt wird. Schwerpunkt bildet die Klassifikation zahlreicher 3D-Widgets nach Einsatzbereichen bzw. Interaktionszielen in Form einer hierarchischen Systematik. Mit der Analyse von Widgets und der Bereitstellung eines Grundfundus an einheitlich spezifizierten, flexibel miteinander kombinierbaren 3D-Widgets soll ein Beitrag zur Weiterentwicklung und Standardisierung von 3D-Benutzungsoberflächen geleistet werden.

Im zweiten Teil wird die CONTIGRA-Architektur zur Spezifikation von 3D-Widgets und zur Erstellung interaktiver 3D-Anwendungen vorgestellt. Zunächst werden existierende Software-Komponentenmodelle und spezialisierte 3D-Ansätze als Realisierungsbasis untersucht, bevor der neuartige, dokumentbasierte High-Level-Komponentenansatz oberhalb des Szenengraph-niveaus vorgestellt wird. Dabei kommt ein durchgängig deklaratives Dokumentenmodell auf Basis von XML-Grammatiken zum Einsatz, mit denen 3D-Anwendungen und -Komponenten samt Schnittstellen, Konfigurationen, Kompositionen und Verknüpfungen homogen beschrieben werden. Dazu gehören ebenfalls XML-Schemata zur Definition von Raumklang und Interaktionsverhalten: mit *Audio3D* können komplexe akustische Szenen unabhängig von 3D-Sound-APIs beschrieben werden, während mit *Behavior3D* ein flexibles, objektorientiertes Konzept zur deklarativen Modellierung des 3D-Objektverhaltens vorgestellt wird. Die Architektur unterstützt Wiederverwendbarkeit und Anpaßbarkeit auf verschiedenen Ebenen, so für Komponenten und interne Szenengraphen, die in die Teile Geometrie, Audio und Verhalten gegliedert sind. Für den Geometrieteil kommt der Web3D-Standard X3D zum Einsatz. Vorgestellt wird auch das visuelle 3D-Autorenwerkzeug CONTIGRABUILDER zur interdisziplinären Erstellung von 3D-Komponenten und Anwendungen. Die resultierenden XML-Dokumente können schließlich mit Hilfe von Objektmodell-gestützten oder auf XSLT-Style-sheets basierenden Transformationen in verschiedene Zielformate für das WWW überführt werden, womit die praktische Umsetzbarkeit und Flexibilität des Ansatzes demonstriert wird.