

Diss. ETH No. 20661

Real-Time Camera Control for Interactive 3D Applications

A dissertation submitted to
ETH Zurich

for the Degree of
Doctor of Sciences

presented by
Thomas Oskam
MSc in Computer Science, ETH Zurich, Switzerland
born 19. February 1982
citizen of the Netherlands and Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Markus Gross, examiner
Prof. Dr. Matthias Zwicker, co-examiner
Dr. Alexander Hornung, co-examiner

2012

Abstract

Real-time 3D applications have evolved to the point where they become increasingly realistic. Several aspects have been subject to extensive research in order to deliver the maximum amount of realism possible within a limited computation budget. Examples are rendering or physics. One aspect, however, has not gotten the attention needed despite its omnipresence in any application, namely camera control and parametrization. In most interactive applications such as games, the camera placement and parametrization is either user controlled or pre-scripted by an artist. Only few attempts have been made to automate and simulate realistic camera behavior, as it is generally a difficult task. In this dissertation, we attempt to attack these shortcomings on different levels.

In the first part of this thesis we present a real-time camera control system that uses a global planning algorithm to compute large, occlusion free camera paths through complex environments. The algorithm incorporates the visibility of a focus point into the search strategy, so that a path is chosen along which the focus target will be in view.

In the second part, this thesis deals with camera parametrization for controlled stereoscopic rendering. We present an automatic controller for camera convergence and interaxial separation that specifically addresses challenges in interactive 3D applications like games. In such applications, unpredictable viewer or object motion often compromises stereopsis due to excessive binocular disparities. We derive constraints on the camera separation and convergence that enable our controller to automatically adapt to any given viewing situation and 3D scene, providing an exact mapping of the virtual content into a comfortable depth range around the display.

Finally, the third part of the thesis approaches advanced camera parametrization and the reproduction of realistic color balancing effects. The input to our algorithm is a sparse set of desired color correspondences between a source and a target image. The global color space transformation problem is then solved by computing a smooth vector field in CIE La^*b^* color space that maps the gamut of the source to that of the target. Furthermore, we show how the basic per-image matching can be robustly extended to the temporal domain. This extension renders our method extremely useful for automatic, consistent embedding of synthetic graphics in video, as required by applications such as augmented reality.

Zusammenfassung

Dreidimensionale Echtzeitanwendungen haben sich mehr und mehr zum Fotorealismus hin entwickelt. Verschiedene Teilbereiche wurden dabei ausführlich erforscht, wie zum Beispiel die physikalische Simulation oder die Bildwiedergabe. Ein Aspekt hat allerdings bisher nicht ausreichende Beachtung gefunden, obwohl seiner Allgegenwart: Kamerakontrolle und -parametrisierung. In den meisten Anwendungen wird die Kamera durch den Benutzer kontrolliert oder deren Bewegung durch Künstler vordefiniert. Es wurden nur wenige Versuche unternommen das Verhalten einer Kamera zu automatisieren. Diese Dissertation versucht diese Mängel auf verschiedenen Stufen anzugreifen.

Im ersten Teil dieser Doktorarbeit präsentieren wir ein Kontrollsyste das weite und verdeckungsfreie Kamerapfade durch globales planen in Echtzeit erreichen kann. Der Algorithmus integriert die Sichtbarkeit zu einem Fokuspunkt in die Suche damit ein Pfad gewählt wird bei dem der Fokus im Sichtfeld bleibt.

Der zweite Teil dieser Doktorarbeit behandelt die Parametrisierung der Kamera um kontrollierte stereoskopische Bilderzeugung zu erreichen. Wir präsentieren einen automatischen Regler um die Konvergenz und Separation der verwendeten Kameras zu kontrollieren, so, dass den speziellen Bedürfnissen von interaktiven 3D Applikationen Sorge getragen wird. In solchen Anwendungen, unvorhersehbare Bewegungen des Betrachters oder von Objekten können die dreidimensionale Wahrnehmung kompromittieren wenn übermässige Bilddisparitäten entstehen. Wir leiten deshalb Formeln für die Separation und Konvergenz der Kameras her, die unserem Regler erlauben, automatisch auf neue Situationen zu reagieren. Dies erlaubt uns, jede dreidimensionale Szene in einen genau definierten wahrgenommenen Tiefenbereich abzubilden.

Schliesslich, im dritten Teil dieser Arbeit, behandeln wir fortgeschrittene Parametrisierung der Kamera durch realistische Farbkorrektur von Bildern. Die Eingabe unseres Algorithmus ist eine spärlich verteilte Menge von Farbreferenzen zwischen zwei Bildern. Die globale Farbraumtransformation wird durch das berechnen eines glatten Vektorfeldes im CIE La^*b^* Farbraum erreicht welches die Farbskala des Quellbildes in die des Zielbildes überführt. Desweiteren zeigen wir, wie dieser Ansatz robust auf die Zeitachse erweitert werden kann. Diese Erweiterung erlaubt das automatische und konsistente Einbetten von künstlichem Bildmaterial in ein Video, welches von Anwendungen wie Augmentierte Realität vorausgesetzt wird.