

IVORY: An object-oriented framework for physics-based information visualization

Doctoral Thesis

Author(s):

Sprenger, Thomas Carl

Publication date:

2002

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004357972>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

Selected readings in vision and graphics 018

IVORY - An Object-Oriented Framework for Physics-Based Information Visualization

A dissertation submitted to the
Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich

for the degree of Doctor of Technical Sciences

presented by

Thomas Carl Sprenger
Dipl. Informatik-Ingenieur ETH Zürich

born July 5, 1970 in Basel

accepted on the recommendation of
Prof. M. H. Gross, Examiner
Prof. H.-J. Schek, Co-Examiner

ABSTRACT

The present thesis investigates a new variant for physics-based information visualization. The fundamental idea bases on a quantification of the similarity of related objects, expressed by the parameters of a mass-spring system. Since the spring stiffnesses correspond to the computed similarity measures, the system converges into an energy minimum, which reveals multidimensional relations and adjacencies in terms of spatial neighborhoods.

As a part of this work we develop a platform-independent framework, called IVORY, for physics-based visualization and analysis of multidimensional data relations. The software design follows strictly the theory of operator frameworks. It is fully implemented in JAVA and its architecture features client-server setup, which allows to run the visualization even on thin clients. In addition, VRML 2.0 exports can be viewed by any VRML enabled web browser. Individual visual metaphors and interaction paradigms are invoked into IVORY via an advanced plug-in mechanism. The configuration of IVORY is accomplished using a specialized high-level script language, the Information Visualization Modeling Language (IVML).

In order to simplify complex setups we suggest visual clustering algorithms for postprocessing. We present a set of three new visual clustering algorithms – called Ellipsoidal, BLOB and H-BLOB clustering – which group and visualize cluster hierarchies at multiple levels-of-detail. We propose that the algorithms are especially suited for the visualization of very large data sets and for visual decision making in information visualization.

The versatility of the framework and its algorithms is demonstrated by means of experimental results. They show the framework's capability to visualize large and complex volumes of different types of abstract data. Furthermore, a usability test including daily-business cases in the areas of our cooperation partner validates IVORY's performance in practice.

This project was sponsored by the Advanced Engineering Center (ACE) of UBS Basel (Switzerland). For that reason the framework is mainly employed in the context of risk analysis, stock prediction, document retrieval and other tasks being important in the context of banking.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Dissertation stellt eine neue Methode der physikalisch-basierten Informationsvisualisierung vor. Die grundsätzliche Idee basiert dabei auf der Quantifizierung der Ähnlichkeit von in Beziehung stehender Objekte, welche wiederum die Parameter eines Masse-Feder-Systems konfigurieren. Weil die Federhärte und die berechneten Ähnlichkeitswerte korrespondieren, konvergiert das System in ein energetisches Minimum, das die inhärent in den Daten enthaltenen Beziehungen und Zusammenhänge als räumliche Nachbarschaften widerspiegelt.

Als Teil dieser Arbeit entstand ebenfalls das plattform-unabhängige Framework IVORY zur physikalisch-basierten Visualisierung multidimensionaler Datenrelationen. Das Softwaredesign orientiert sich streng an der Theorie der Operator-Frameworks. Die Implementation ist vollständig in JAVA realisiert worden und unterstützt Client/Server-Konfigurationen, womit die Visualisierung ebenfalls auf Thin-Clients genutzt werden kann. Zusätzlich können Szenen in VRML 2.0 exportiert werden, womit sie mittels eines Web-Browsers mit installiertem VRML-Plugin betrachtet werden. Individuelle visuelle Metaphern und Interaktionsparadigmen (Information Drill-down) werden modular durch einen sogenannten Plugin-Mechanismus ins System integriert. Die Konfiguration von IVORY erfolgt mit einer eigens dafür entwickelten Sprache, die Information Visualization Modeling Language (IVML).

Zusätzlich erlaubt das Framework komplexe Szenen mittels verschiedener Verfahren visuell und analytisch zu clustern. Wir präsentieren in diesem Kontext drei neue Clusteringansätze: Ellipsoid-, BLOB und H-BLOB-Clustering. Sie berechnen mehrstufige Cluster-Hierarchien und stellen diese anschliessend dar. Diese Verfahren eignen sich besonders zur Visualisierung sehr grosser und komplexer Datensätze und für Decision-Making-Systeme.

Die Vielseitigkeit des Frameworks und dessen Algorithmen wird anhand verschiedener experimenteller Beispiele aus diversen Anwendungsgebieten gezeigt. Sie demonstrieren die Leistungsfähigkeit des Frameworks im Bereich grosser, komplexer und abstrakter Datenvolumen verschiedenen Typs. Abschliessend wird mittels einer Anwenderstudie die Leistungsfähigkeit von IVORY in alltäglichen Arbeitsprozessen beurteilt.

Das Projekt wurde in Kooperation mit dem Advanced Engineering Center (ACE) der UBS Basel durchgeführt. Aus diesem Grund liegt das Hauptanwendungsgebiet für das System im Bereich der Finanzdienstleistungen.