



Doctoral Thesis

Hardware architectures for point-based graphics

Author(s):

Heinzle, Simon

Publication Date:

2010

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006197144> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 19248

Hardware Architectures for Point-Based Graphics

A dissertation submitted to
ETH Zurich

for the Degree of
Doctor of Sciences

presented by

Simon Heinzle

Dipl. Informatik-Ing., ETH Zurich, Switzerland

born 12 October 1981

citizen of Austria

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Markus Gross, examiner

Prof. Dr. Andreas Peter Burg, co-examiner

Prof. Dr. Philipp Slusallek, co-examiner

2010

Abstract

Point-based geometries have emerged as interesting and valuable alternative to triangles and polygons. Points as graphics primitives are conceptually more simple and provide superior flexibility, especially for objects with high geometric and appearance detail. However, triangles are still the most prominent primitive in computer graphics. One reason is the limited support for point-based graphics in modern graphics accelerators, which have been optimized for triangles as rendering primitives.

In this thesis, we analyze the fundamental differences between triangle-based graphics and point-based graphics for hardware acceleration and identify the limitations and bottlenecks of current graphics processors (GPUs). We then develop new algorithms and hardware architectures for point-based graphics to augment and extend today's graphics processors.

More specifically, we develop a novel point rendering algorithm based on elliptical weighted average (EWA) splatting. We extend the theoretical basis of EWA splatting into the time dimension to incorporate motion-blur for point-based rendering. We present a GPU implementation and analyze the differences and bottlenecks of current hardware architectures. Based on the previous analysis, we present a streamlined EWA splatting algorithm for static scenes and develop a novel hardware architecture for the acceleration of point rendering. The novel architecture fits seamlessly into current, triangle based rendering architectures and is designed to complement triangle rendering. Striving towards a more general point acceleration architecture, we then develop a hardware architecture dedicated to the general and efficient processing of point-sampled geometry. It focuses on the fundamental and computationally most expensive operations on point sets and supports a wide range of point graphics algorithms as well as other graphics algorithms.

We present hardware implementations for both architectures and provide a detailed analysis of hardware costs, performances, and bottlenecks, and we compare the results to the respective GPU implementations. The developed architectures could be integrated into existing triangle-based architectures to complement triangles at modest additional hardware cost in order to accelerate point-graphics efficiently on today's GPUs.

Zusammenfassung

Punktbasierte Geometrie hat sich als interessante und wertvolle Alternative zu Dreiecken und Polygonen erwiesen. Punkte als Grafikprimitive sind konzeptionell einfacher und auch wesentlich flexibler, vor allem für Objekte mit detaillierter Geometrie. Trotzdem sind Dreiecke immer noch die am meisten verbreiteten Primitive in der Computergrafik. Ein Grund dafür ist die limitierte Unterstützung von punktbasierter Grafik in modernen Grafikbeschleunigern, die für Dreiecke als Renderingprimitive optimiert wurden.

Diese Dissertation untersucht die fundamentalen Unterschiede zwischen dreiecks- und punktbasierter Grafik im Bezug auf Hardwarebeschleunigung. In einem ersten Schritt werden die Einschränkungen und Engpässe bestehender Grafikprozessoren (GPU) analysiert. Basierend auf dieser Analyse werden dann neue Algorithmen und Hardware-Architekturen für punktbasierende Grafik vorgestellt, mit denen bestehende Grafikprozessoren ergänzt und erweitert werden können.

Im Detail wird ein neuartiger Algorithmus zum Zeichnen von Punkten basierend auf Elliptical Weighted Average (EWA) Splatting entwickelt. Die theoretische Grundlage von EWA Splatting wird in die zeitliche Dimension erweitert um sogenannte Bewegungsunschärfe zu modellieren. Der Algorithmus wird in auf einem Grafikprozessor implementiert um die Unterschiede und Engpässe bestehender Grafikarchitekturen besser zu verstehen. Basierend auf dieser Analyse wird eine neuartige Hardwarearchitektur vorgestellt die für EWA Splatting von statischen Objekten optimiert ist. Die neuartige Architektur fügt sich nahtlos in bestehende Grafikprozessoren ein die für Dreiecke optimiert sind. Im nächsten Schritt wird eine neuartige Architektur für die effiziente und verallgemeinerte Verarbeitung von Punktgeometrie eingeführt, mit Fokus auf den grundlegenden und rechnerisch teuersten Operationen auf Punktmengen. Diese neue Architektur unterstützt dann eine breite Palette von Punktgrafikalgorithmen sowie allgemeingültigere Grafikalgorithmen.

Beide Architekturen wurden mittels Hardwareimplementierungen verifiziert und bezüglich Hardwarekosten, Performance und Engpässen analysiert. Die entwickelten Architekturen können in bestehende Hardwarearchitekturen für Dreiecke integriert werden um diese mit einer effizienten Unterstützung für Punkte zu ergänzen.