

A Novel Approach to Interactive, Distributed Visualization and Simulation on Hybrid Cluster Systems

Stefan Lietsch

Zusammenfassung

Das Aufkommen hybrider Cluster-Systeme, welche aus heterogenen Gruppen homogener Knoten (z.B. Rechenknoten, Visualisierungsknoten oder hardwarebeschleunigten Knoten) bestehen, markiert eine Trendwende in der generellen Einsetzbarkeit von Cluster Systemen. Zum ersten Mal stehen diese leistungsstarken Ressourcen, neben typischen High Performance Computing (HPC) Anwendungen wie Number Crunching und massiv-parallelen Simulationen, auch neuen Anwendungen zur Verfügung. Unterschiedlichste Anwender aus Forschung und Wirtschaft können diese Systeme nun als mächtiges Werkzeug zur Simulation und Visualisierung ihrer Probleme nutzen. Interaktive Simulationen und Virtual Reality Anwendungen, sind Bereiche, denen High Performance Computing auf hybriden Cluster Systemen große Vorteile und neue Möglichkeiten bringen. Beispiele hierfür sind ein verbesserter Grad an Realismus, die Möglichkeit mehrere Simulationsläufe gleichzeitig durchführen und vergleichen zu können oder dynamische Mehrbenutzer-Szenarien zu realisieren. Allerdings werden, um die Benutzung solcher komplexer Cluster-Systeme für diese Anwendungen zu ermöglichen und zu erleichtern, Werkzeuge benötigt, welche die flexible Kopplung der verteilten Komponenten und den Zugriff auf das Gesamtsystem realisieren. Existierende Anwendungen sollten schnell und einfach auf der neuen Hardware lauffähig sein und möglichst ohne große Veränderungen in Code und Design die Vorteile davon nutzen können. Zurzeit gibt es nur sehr wenige Systeme, welche diese Aufgaben auch nur teilweise erfüllen. Bestehenden Werkzeuge für traditionelles HPC mangelt es an wichtigen Eigenschaften um die benötigte Interaktivität und Flexibilität gewährleisten zu können.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich deshalb mit den zwei wichtigsten Aspekten dieses Problems und führt Konzepte für das Computational Steering (CS) und der entfernten Visualisierung (RV) von interaktiven Simulationen und Virtual Reality (IS/VR) Anwendungen auf hybriden Cluster Systemen ein. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Erhaltung der Interaktivität und Benutzerintegration der Anwendungen, bei gleichzeitiger Erweiterung und Verbesserung deren Fähigkeiten durch die Ausnutzung der Kapazitäten von hybriden Clustern. Daraus ergab sich die Idee zu den wichtigen Beiträgen dieser Arbeit: Die Entwicklung und Umsetzung zweier neuar-

tiger Middlewares für die Steuerung und Instrumentation der verteilten Komponenten (CS) und für den entfernten Zugang (RV) zu den interaktiven, grafischen Anwendungen auf dem hybriden Cluster System. Das Konzept für das CS Framework basiert auf drei neuen Modellen für die Steuerung der IS/VR Anwendungen, welche deutlich vom Modell für das Steuern traditioneller HPC Simulationen abweicht. Außer der ursprünglichen Idee, dass eine laufende Simulation durch eine angeschlossene Visualisierung beobachtet und gesteuert werden kann, müssen viele Teile des traditionellen CS neu entworfen und an die Anforderungen von IS/VR angepasst werden. Speziell Interaktivität und Flexibilität spielten eine große Rolle bei der Konzeptionierung des Systems. Durch die beispielhafte Realisierung von verteilten Versionen zweier existierender IS/VR Anwendungen wird das Konzept des entwickelten Frameworks und dessen Umsetzung getestet und evaluiert. Es wird außerdem in Szenarien gezeigt, dass die Beispielanwendungen an Performance, Flexibilität und Qualität für die Benutzer hinzugewinnen. Das zweite Framework (RV für IS/VR) gibt dem Benutzer grafischen Zugriff zu den Anwendungen, die auf dem Cluster laufen. Erneut wurden die traditionellen Ansätze der entfernten Visualisierung (z.B. Administration entfernter Server) genutzt und an die Anforderungen der neuen Anwendungen angepasst, bei denen Interaktivität und Qualität der Visualisierung eine große Rolle spielen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden nutzt das entwickelte Framework, als erstes seiner Art, die leistungsstarken Grafikkarten, welche in vielen hybriden Clustern verbaut sind, zur Bildkompression. Bis jetzt wurden diese Hardware-Ressourcen fast ausschließlich zur grafischen Darstellung der Ergebnisse der HPC-Simulation genutzt. Erst seit kurzem können diese leistungsstarken Prozessoren durch die Einführung von universellen APIs auch für generelle Zwecke genutzt werden. Durch verschiedene Messungen wird gezeigt, dass durch die Nutzung der GPUs (Graphics Processing Unit) zur Bildkompression eine Performancesteigerung in vielen Bereichen möglich ist. Dies wiederum dient zur Erhaltung der wichtigen Interaktivität auch über längere Strecken und Netzwerken mit geringen Bandbreiten hinweg. Zusätzlich nutzt das entwickelte Framework auch die Flexibilität, welche hybride Cluster bieten, um beispielsweise den entfernten Zugang zu mehreren gleichzeitig laufenden Simulationen für mehrere Nutzer zu ermöglichen.

Zusammenfassend beschreibt die vorliegende Arbeit einen neuen Ansatz zur praktischen Nutzung hybrider Cluster Systeme für interaktive Simulationen und Virtual Reality Anwendungen und untermauert die Ergebnisse durch Messungen und die Umsetzung beispielhafter Anwendungen.