

# Vereinfachte Nutzung von Cluster-, Grid- und Cloud-Computing für komplexe Simulationaufgaben im Systementwurf

André Schneider, Manfred Dietrich

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Institutsteil Entwurfsautomatisierung EAS

Zeunerstraße 38, 01069 Dresden, Deutschland

andre.schneider@eas.iis.fraunhofer.de, manfred.dietrich@eas.iis.fraunhofer.de

## Kurzfassung

Für den modellbasierten Systementwurf spielt die Simulation eine zentrale Rolle. Allerdings stieß man in der Vergangenheit bei der numerischen Simulation von komplexen Systemen oder Modellen mit hohem Detaillierungsgrad schnell an Grenzen: Entweder war der Speicherbedarf zu groß oder die Simulationszeit zu lang. Diese Situation ändert sich jedoch gegenwärtig dramatisch. Mit der Verfügbarkeit von Multi- und Many-Core-Architekturen, Compute-Clustern sowie Grid- und Cloud-Computing werden in naher Zukunft dem Systementwerfer enorme Rechenressourcen zur Verfügung stehen, die einerseits die Simulation sehr komplexer Modelle erlauben und andererseits gestatten, ein Modell in vielen Varianten zu simulieren. Der Beitrag stellt einen Ansatz und eine Software für die Variantensimulation vor, bei der ausgehend von einer einfachen Problembeschreibung viele Hundert bis Millionen Einzelsimulationen auf Cluster- bzw. Grid-Rechnern ausgeführt werden und die dabei entstehenden Ergebnisse für den Endanwender komprimiert und aufbereitet werden. Die vielfältigen Möglichkeiten, die sich mit der Variantensimulation künftig ergeben, werden diskutiert und an Beispielen illustriert.

## 1 Motivation

Modellbasierte und simulationsgestützte Verfahren sind seit vielen Jahren im Systementwurf etabliert. Die Mikroelektronik spielte hier ohne Zweifel eine Vorreiterrolle: Seit über 40 Jahren werden unter anderem elektrische Netzwerke mit Hilfe von SPICE bzw. SPICE-ähnlichen Simulatoren analysiert. Hinzugekommen ist später neben weiteren Bereichen die Mikrosystemtechnik, die den Aspekt domänenübergreifender Modellierung und Simulation stärker in den Vordergrund gerückt und den Bedarf an angepassten Modellierungssprachen verstärkt hat. Inzwischen gibt es kaum ein Gebiet aus den Technik-, Natur-

und Sozialwissenschaften, in dem die Simulation nicht bereits Fuß gefasst hätte.

Während sich mit jedem neuen Einsatzgebiet die Vielfalt der Modellierungssprachen und Simulationswerkzeuge vergrößert hat, ist die prinzipielle Arbeitsweise nahezu unverändert geblieben. Ein typisches Szenario sieht wie folgt aus:

- Mit Hilfe einer Beschreibungssprache oder eines graphischen Eingabewerkzeugs wird ein Modell erstellt.
- Für Parameter, Anfangs- und Randbedingungen werden Werte festgelegt.

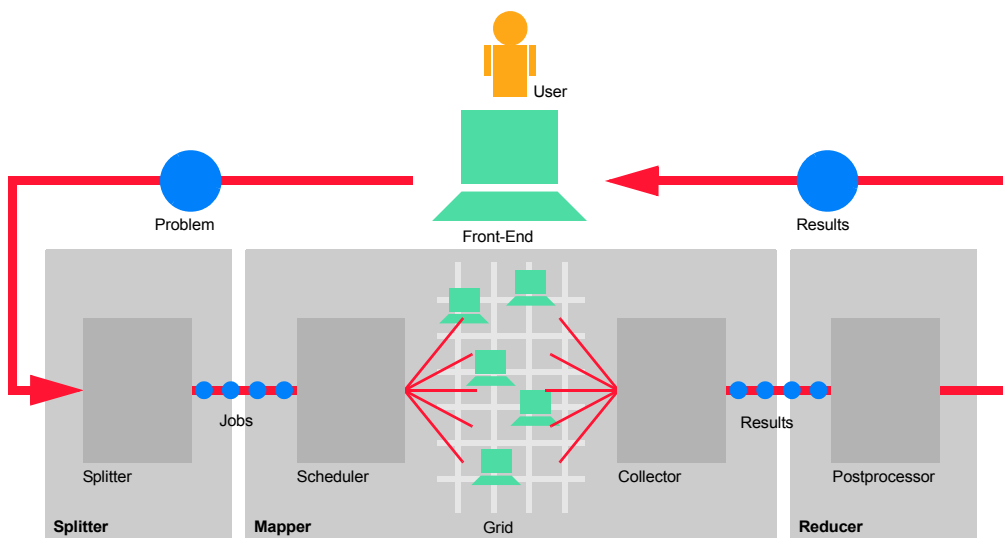


Bild 1. Architektur der *GridWorker*-Software.

- Mit Hilfe eines Simulationsprogramms wird das Modell für einen definierten Zeit- oder Frequenzbereich (o.ä.) simuliert.
- Die Simulationsergebnisse werden geeignet visualisiert und können ausgewertet werden.

Hierbei ist unerheblich,

- ob das Modell komplett selbst erstellt wird oder aus Bibliothekskomponenten aufgebaut wird,
- ob graphisch oder textbasiert modelliert wird,
- ob frei wählbare Größen von Hand oder mehr oder weniger automatisch definiert werden,
- welche Simulationsalgorithmen verwendet werden oder
- ob die Simulationsergebnisse in Form von Signalverläufen (z.B. Spannung über der Zeit oder Dämpfung über der Frequenz), Kennwerten (z.B. Verlustleistung oder Resonanzfrequenz), Feldern (z.B. Temperatur im 3D-Raum) oder beliebigen anderen Strukturen ausgegeben werden.

Mit der Verfügbarkeit von Multi- und Many-Core-Architekturen, Compute-Clustern sowie Grid- und Cloud-Computing werden in naher Zukunft dem Systementwerfer enorme Rechenressourcen zur Verfügung stehen, die einerseits die Simulation sehr komplexer Modelle erlauben und andererseits gestatten, ein Modell in vielen Varianten zu simulieren [5]. Der vorliegende Beitrag stellt einen Ansatz und eine Software für die Variantensimulation vor, bei der ausgehend von einer einfachen Problembeschreibung viele Hundert bis Millionen Einzelsimulationen auf Cluster- bzw. Grid-Rechnern ausgeführt werden und die dabei entstehenden Ergebnisse für den Endanwender komprimiert und aufbereitet werden.

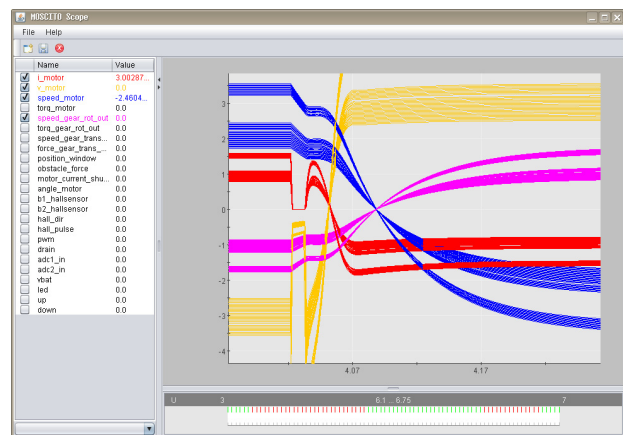
## 2 GridWorker

Der *GridWorker*-Ansatz ist in Bild 1 dargestellt. Entscheidend ist hier die einfache Schnittstelle zwischen dem Anwender und der Infrastruktur. Mit Hilfer einfacher ASCII-Dateien [4] wird das letztlich parallel abzuarbeitende Problem beschrieben. Die *GridWorker*-Komponenten *Splitter*, *Mapper* und *Reducer* [1] übernehmen in generischer Form die Problemzerlegung, die Abbildung der Einzelsimulationen auf die Infrastruktur sowie das teilweise Zusammenfassen der Ergebnisse. Spezielle Adapter ermöglichen einen für den Endanwender transparenten Zugriff auf die unterschiedlichen Middleware-Lösungen, die sich im Cluster- und Grid-Umfeld etabliert haben. So werden derzeit Grid Engine, PBS, LSF, GridWay und Globus Toolkit unterstützt [2][3].

Eine ausführliche Darstellung des Ansatzes folgt in der Langfassung.

## 3 Ergebnispräsentation

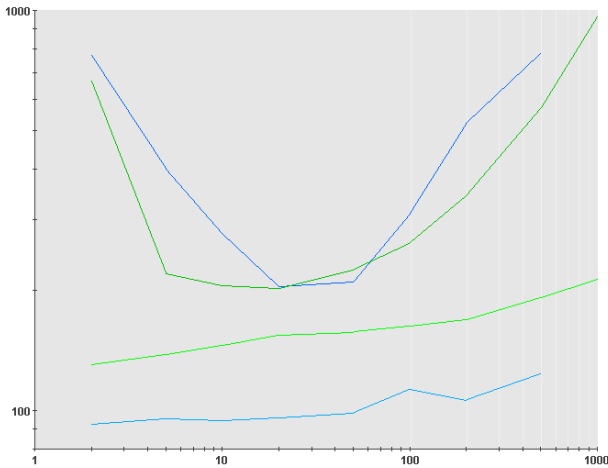
Beim Ausführen sehr vieler Simulationen entsteht entsprechend ein Vielfaches an Ergebnissen. Diese Datenmengen müssen geeignet zusammengefasst und nach Möglichkeit so vorverarbeitet werden, dass der Anwender die signifikanten Informationen mit geringem Aufwand erkennen kann. Im Zusammenhang mit GridWorker wird ein Waveform-Viewer entwickelt, der die Anzeige von Kurvenscharen gestattet und die Navigation über Parameterwerten unterstützt. In Bild 2 sind die Ergebnisse einer Variantensimulation für einen Fensterheber dargestellt. Der Anwender kann sich die Signalverläufe beispielsweise für den Motorstrom und das Drehmoment über der Zeit ansehen und dabei verschiedene Wertebereiche für den Parameter Bordspannung auswählen (vgl. unterer Auswahlbereich).



**Bild 2.** Ergebnisse einer Variantensimulation eines Fensterhebers für unterschiedliche Bordspannungen

## 4 Leistungsuntersuchung

Entscheidend für den Endanwender sind in der Regel der Zeitaufwand und die Kosten. Untersucht wurde in diesem Zusammenhang der Gesamtzeitaufwand für verschiedene Variantensimulationen, wobei das Problem jeweils in unterschiedlich viele Jobs zerlegt wurde. *GridWorker* gestattet hier eine flexible, problemangepasste Zerlegung, über die insbesondere „das Gewicht“ eines einzelnen Jobs so verändert werden kann, dass einerseits der Overhead, der bei der Verteilung entsteht, minimiert werden kann und andererseits die verfügbare Parallelität der Ressourcen effektiv ausgenutzt wird. Erste Ergebnisse sind in Bild 3 dargestellt und werden in der Langfassung im Detail erläutert.



**Bild 3.** Gesamtzeitbedarf und Zeitbedarf für Reduce-Phase für eine Variantensimulation in Abhängigkeit von der Job-Anzahl

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Verfügbarkeit leistungsfähiger, hochgradig paralleler Rechenressourcen wird es für den Systementwerfer zunehmend attraktiv, Systemmodelle in vielen Varianten zu simulieren. Beschrieben wurde ein Ansatz, der auf der vom Anwender konfigurierbaren Variation von Parameterwerten basiert. Dieser als Variantensimulation bezeichnete Ansatz ermöglicht eine Vielzahl simulationsgestützter Analyseverfahren nach einem einheitlichen und einfachen Grundprinzip. Mit *GridWorker* wurde eine prototypische Implementierung vorgestellt, mit der Variantensimulationen auf Cluster-, Grid- und künftig Cloud-Infrastrukturen ausgeführt werden können. Die Verbesserung der Fehlertoleranz und das Vermeiden von Ressourcenengpässen stellen die wichtigsten Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von *GridWorker* dar.

## Literatur

- [1] Dean, J.; Ghemawat, S.: MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Sixth Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '04), San Francisco, California, USA, December 6-8, 2004
- [2] Schneider, A.: Variantensimulation mit *GridWorker*. ASIM-Workshop „Simulation technischer Systeme und Grundlagen und Methoden in Modellbildung und Simulation“, Krefeld, 24.-25. Februar 2011
- [3] Schneider, A.; Dietrich, M.: Variantensimulation im Grid. Workshop „Numerische Simulationen im D-Grid“, Göttingen, 26. November 2009.
- [4] Schneider, A.; Schneider, P.; Dietrich, M.: Grid-spezifische Problembeschreibung und -aufbereitung im Systementwurf. Workshop „Grid-Technologie für den Entwurf technischer Systeme“, Dresden, 12. Oktober 2007.
- [5] Schneider, A.; Schneider, P.; Schwarz, P.; Dietrich, M.: Grid-Computing – Anwendungsszenarien für den Systementwurf. 2. Workshop „Grid-Technologie für den Entwurf technischer Systeme“, Dresden, 6.-7. April 2006

