

Solving Differential Equations in Large-scale Simulations of Electrical Systems: Benchmarking Python and Julia

Lösen von Differentialgleichungen in skalierbaren Simulationen elektrischer Systeme: Benchmarking Python und Julia

Abstract (EN)

Simulations have become state-of-the-art in the analysis and design of electrical systems. Scripting languages like Python and Julia enhance the usability and convenience of the simulators through abstractions. With the increasing complexity of electrical systems, performance has become a critical part of simulations, as fast execution times are required to solve the underlying differential equations, which describe the dynamic relations of electrical systems. Therefore, the presented thesis provides benchmarks of existing Python and Julia packages for solving differential equations with focus on their performance in large-scale simulations.

For this purpose, five packages, which solve ordinary differential equations numerically, are chosen to investigate a variety of approaches to solve differential equations. The selection considers their approaches and their structural design, like the use of different backends. Measurements concerning their single- and multi-core performance are conducted and the observations are augmented and validated by a use case scenario consisting of the simulation of a synchronous generator model. The performance of the packages is analyzed with respect to execution times, speedups, efficiencies and convenience. The results lead to general recommendations including possible scenarios concerning the usage of the packages in simulations. It is shown that Julia outperforms Python in all benchmarks, while the Python packages show different suitability to different use case scenarios in large-scale simulations.

Kurzfassung (DE)

Simulationen gehören zum Stand der Technik in der Analyse und dem Design elektrischer Systeme. Skriptsprachen wie Python und Julia verbessern dabei die Nutzbarkeit und Handhabung der Simulatoren durch Abstraktionen. Mit der zunehmenden Komplexität elektrischer Systeme ist die Leistungsfähigkeit der Simulationen ein kritischer Aspekt, so dass schnelle Ausführungszeiten zum Lösen der zugrundeliegenden Differentialgleichungen, welche die dynamischen Verknüpfungen der elektrischen Systeme beschreiben, benötigt werden. Die hier vorliegende Thesis betrachtet daher Benchmarks von existierenden Python und Julia Paketen zum Lösen von Differentialgleichungen mit Fokus auf deren Leistungsfähigkeit in skalierbaren Simulationen.

Dazu werden fünf Pakete zum numerischen Lösen von gewöhnlichen Differentialgleichungen ausgewählt, um eine Vielfalt an Ansätzen zum Lösen von Differentialgleichungen zu untersuchen. Die Auswahl geschieht mit Hinblick auf ihre Herangehensweisen und ihrem strukturellem Aufbau, wie die Benutzung unterschiedlicher Backends. Die Einkern- und Mehrkern-Leistungsfähigkeit der Pakete werden gemessen und anschließend die Beobachtungen durch einen Anwendungsfall, bestehend aus der Simulation eines Synchrongenerator Modell, ergänzt und bestätigt. In der Analyse der Leistungsfähigkeit der Pakete werden Ausführungszeiten, Speedups, Effizienzen und Benutzerfreundlichkeit berücksichtigt. Die daraus resultierenden Ergebnisse führen zu

allgemeinen Empfehlungen mit möglichen Szenarien zur Benutzung der Pakete in Simulationen. Es wird gezeigt, dass Julia Python in allen Benchmarks übertrifft, während die Python Pakete unterschiedliche Eignung in verschiedenen Anwendungsfällen in skalierbaren Simulationen zeigen.