

Titel:

Kooperative Optimierung komplexer Systeme durch Segmentierung des Interface-Raums

Kurzfassung:

Die Auslegung von komplexen technischen Systemen ist ein Prozess, bei welchem Experten verschiedener Disziplinen, Abteilungen oder sogar Firmen sehr eng zusammenarbeiten müssen. Aufgrund der Komplexität oder auch aus politischen Gründen existiert im Allgemeinen eine einzelne System-Analyse nicht und unterschiedliche Subsystem-Analysen müssen in geeigneter Weise gekoppelt werden, um das Verhalten des Gesamtsystems zu bestimmen. Dabei stellt besonders in kooperativen Entwicklungsumgebungen, wenn möglicherweise konkurrierende Firmen zusammenarbeiten müssen, diese Kopplung eine große Herausforderung dar.

Die Optimierung von komplexen Systemen findet heutzutage hauptsächlich im Rahmen von automatisierten Subsystem-Optimierungen statt. Die Schnittstellen zwischen den einzelnen Subsystemen werden dabei in frühen Entwurfsphasen auf Grundlage von Erfahrungswerten oder einfacher Abschätzungen festgelegt und nachfolgend nicht mehr wesentlich verändert. Diese Schnittstellen bestimmen jedoch maßgeblich die erreichbare Leistungsfähigkeit des Systems, und sollten daher während des gesamten Optimierungsprozesses unter Verwendung detaillierter Subsystem-Analysen hinterfragt und gezielt angepasst werden. Die dafür benötigten multidisziplinären Optimierungsverfahren müssen dabei alle beteiligten Analysemodelle in effizienter Weise koordinieren, damit eine Anwendung in praktischen Problemstellungen und hohen Entwurfsraumdimensionen erfolgen kann.

Der Fokus dieser Arbeit liegt daher auf der Entwicklung eines effizienten Verfahrens zur Optimierung komplexer Systeme unter besonderer Beachtung eines kooperativen Hintergrundes. Es wird gezeigt, wie Antwortflächen-Verfahren verwendet werden können, um die Subsystem-Optimierungen zu beschleunigen und somit auch zeitaufwändige Analysen im Rahmen einer System-Optimierung einzusetzen. Durch die Analyse bestehender Verfahren wird die generelle Struktur kooperativer Optimierungen verdeutlicht und eine Einordnung des entwickelten ISOC-Verfahrens ermöglicht. Dessen ausführliche Herleitung und Darstellung zeigt die einfache Anpassung der vorhandenen Subsystem-Prozesse und demonstriert die Einbindung in die System-Optimierung. Die Anwendungen auf repräsentative Probleme aus der Triebwerkstechnik zeigen zum Einen die Vorteile paralleler und entkoppelter Optimierungen, und zum Anderen, dass das entwickelte ISOC-Verfahren in der Lage ist, praktische Problemstellungen zu lösen.

Title:

Collaborative Optimization of Complex Systems by Segmentation of the Interface-Space

Abstract:

The design of complex technical systems is a process where discipline experts from different departments or even companies have to work together. Due to the complexity of the system or for political reasons a single system analysis usually does not exist, but several subsystem evaluation codes have to be coupled in order to determine the overall system performance. Due to responsibility restrictions even in a single company or intellectual property rights of competitive companies an integrated optimization process can hardly be realized, which becomes even more challenging in collaborative design environments.

Today, system optimizations are performed by fixing the interface parameters between subsystems based on experiences or low fidelity information. Subsequently, subsystem optimizations are carried out according to these fixed parameters. However, prescribing the interface quantities may prohibit an optimal system performance, even if sophisticated subsystem optimizations using high fidelity models are performed. Therefore, interface parameters should be varied during the entire optimization process and adopted to subsystem needs. This calls for efficient multidisciplinary optimization methods in order to enable the application to industrial problems with high dimensional design spaces.

The main aspect of this thesis is the development of an efficient collaborative optimization approach. It is shown how surrogate modeling techniques can improve the performance of subsystem optimizations, with the result that high fidelity analysis codes can be applied within the system optimization procedure. Due to the investigation of existing approaches the general collaborative optimization structure can be explained. Furthermore, a classification of the developed approach can be realized. Through a detailed description of the developed ISOC approach the straightforward implementation of the subsystem analysis models is demonstrated as well as the system optimization set-up. The application to typical jet engine design tasks shows the benefit of decoupled and parallel subsystem optimizations. Finally, it is demonstrated that the ISOC approach can deal with real industrial applications.