Computergestützte Simulationsschnittstelle

Optimierte Systementwicklung in der Mechatronik

Dipl.-Ing. **S. Jewoh Zekeyo**, SANEON GmbH, Ismaning/München

Dipl.-Ing. **S. Nezhat**, SANEON GmbH, Ismaning/München

Dipl.-Ing. **C. Schropp**, Technische Universität München, Garching/München

M.S. **S. Miller**, The MathWorks GmbH, Ismaning/München

Kurzfassung

Das Verbinden der Konstruktions- mit der Simulationsdisziplin für Mehrkörpersimulationen ermöglicht es, Produkte in der Konstruktionsumgebung zu gestalten und anschließend in der Simulationsumgebung unter gewünschten Einflüssen auszulegen. Disziplinübergreifende Kommunikation zwischen entsprechenden Softwareprodukten erfolgt meist indirekt, manuell und unter Integritätsverlusten. Zwischen verschiedenen CAD Systemen und MATLAB besteht keine direkte Verbindung, weshalb die SANEON GmbH zusammen mit dem Institut für Flugsystemdynamik der Technischen Universität München eine Schnittstelle zum automatischen, bidirektionalen und integritätsverlustfreien Austausch zwischen den Systemen entwickelt hat. So kann in MATLAB und Simscape Multibody (früher SimMechanics) vollautomatisiert ein Mehrkörpersimulationsmodell auf Basis eines CAD-Modells aufgebaut werden. Darüber hinaus können Daten zurück an die CAD-Umgebung gesendet werden und somit Daten bidirektional ausgetauscht werden. Das hieraus entstandene Alleinstellungsmerkmal des vollautomatisierten und bidirektionalen Austausches unserer Innovation ist ein Novum auf dem Markt.

Mit **CASIN** (**C**omputer **A**ided **S**imulation **I**nterface) stellen wir eine neuartige Plattform bereit, die Ihnen den domänenübergreifenden Transfer von CAD-Daten zwischen Konstruktions- und Simulationsumgebung erlaubt. So kann auf Bauteil- und Baugruppeninformationen per Knopfdruck unmittelbar in MATLAB zugegriffen werden. Benutzerdefinierte CAD-Parameter können aus MATLAB heraus modifiziert werden. Somit ist die Grundlage für einen iterativen Datenaustausch zwischen den Disziplinen geschaffen.

1. Problemstellung

Mechatronische Systeme sind elementar in der Entwicklung neuer technologisch fortschrittlicher Systeme in den verschiedensten Industriezweigen wie der Medizintechnik, der Automobilindustrie und der Luft- und Raumfahrttechnik. Entwicklungen in der

Mechatronik setzen sich aus den Disziplinen der Mechanik, Elektrik und Elektronik, Regelungstechnik sowie Softwaretechnik zusammen. Folglich umfasst die Entwicklung von mechatronischen Systemen eine Vielzahl von Auslegungswerkzeugen für Komponenten der entsprechenden Disziplinen.

Kundenorientierung wird in den unterschiedlichen Industriezweigen und Unternehmen des mechatronischen Fachgebiets zunehmend ein integraler Bestandteil der Unternehmensphilosophie. Ziel dieser Unternehmen ist es, maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln, die sich möglichst vollständig mit den Wünschen der Kunden decken und diese darüber hinaus idealerweise noch übertreffen. Speziell entwickelte Lösungen werden häufig nur in kleinen Serien hergestellt. Der sich daraus für den Produktentstehungsprozess ergebende tendenziell hohe Ressourcenaufwand soll durch minimierte Zeit-, Finanz- und Personalinvestitionen reduziert werden. Eine Option, um signifikant Ressourcen zu reduzieren, liegt in der Durchführung von rechnergestützten Simulationen der mechatronischen Systeme. Simulationen können bereits während des Entwurfsprozesses Aussagen über das zu erwartende Verhalten von Systemen treffen und somit den Produktentstehungsprozess maßgeblich verkürzen, was folglich zu schnelleren Markteinführungszeiten führt. Zusammenfassend soll die Integration von Simulationsverfahren in die industrielle Praxis den Prozess der Auslegung von Systemen ressourcensparend gestalten. Dies soll in der Umsetzung dadurch erreicht werden, dass die unternehmenseigene Prozesslandschaft sowie die Prozessstrukturen unverändert bleiben können und einzig die Anzahl der Prozessschritte und Prozessiterationen durch Simulationen und entsprechende Systemauslegungen reduziert werden.

Die Entwicklung von mechatronischen Systemen ist in den heutigen Entstehungsprozessen häufig streng nach den oben aufgeführten Disziplinen unterteilt. Folglich ist bei der Interaktion der verschiedenen Disziplinen mit Softwaretoolbrüchen zu rechnen, die einen grenzübergreifenden Austausch von Daten zum Zweck der Simulation nur unter hohem Ressourcenaufwand ermöglichen. Das Ziel Software CASIN ist es, den bidirektionalen Datentransfer über Toolbrüche hinweg integritätsverlustfrei, sprich unter Voraussetzung der ursprünglichen Integrität der zu transferierenden Modelldaten, und unter Verwendung minimaler Ressourcen zu ermöglichen und darüber hinaus für Optimierungsverfahren einen automatisiert iterativen Datenaustausch zu gewährleisten. So wurde eine Schnittstelle zwischen den Softwaretools entwickelt, die Modelldaten aus der CAD-Welt automatisiert in die Simulationswelt transferiert und diese ebenso automatisiert an das CAD-System zurück schickt, um die Bidirektionalität des Verfahrens sicherzustellen.

Die zwei Modellierungs- und Simulationsverfahren, die über die verschiedensten Ingenieursbereiche hinweg sehr häufig Anwendung finden, unterteilen sich in die Starrkörpersimulation und in die Verfahren der Finite-Elemente-Methode. Die Starrkörpersimulation wird hauptsächlich in den Bereichen der Elektrik und Elektronik, der Regelungstechnik sowie in der Softwaretechnik genutzt. Die Finite-Elemente-Methode findet Anwendung in der Mechanik.

Für eine funktionale Auslegung eines mechatronischen Systems ist die Übertragung von Modellinformationen in eine Simulationsumgebung notwendig. Dieser Weg ist in der Praxis aufgrund fehlender Schnittstellen und unterschiedlichen Datenstrukturen zwischen den Umgebungen nur vereinzelt nahtlos möglich. Direkte Schnittstellen zwischen den CAD- und den Simulationswelten sind rar und, falls vorhanden, sind diese meist nur unidirektional und zyklisch manuell abrufbar. Der Transfer von Modelldaten erfolgt oftmals manuell und ist folglich als Fehlerquelle identifiziert worden. Somit ist bei der disziplinübergreifenden Entwicklung häufig mit Fehlern bei der Übertragung von Informationen zwischen den verschiedenen Entwicklungsebenen zu rechnen. Des Weiteren wird die Anwendung von Optimierungsalgorithmen über die Grenzen der unterschiedlichen Tools hinweg durch das Auftreten ebenjener Inkonsistenzen stark erschwert. Dies verlangsamt jede Optimierungsschleife und führt zu langen Entwicklungszeiten. Vor allem aus wirtschaftlichen Aspekten ist es erstrebenswert, diese hohen Entwicklungszeiten im Produktentstehungsprozess zu minimieren, um in dem nationalen und internationalen Wettbewerb konkurrenzfähig zu bleiben.

Abbildung 1

Der angestrebte Entwicklungsprozess kann wie folgt aussehen. Begonnen mit der Erstellung eines CAD-Modells müssen langwierige Prozessschritte durchlaufen werden bis ein Simulationsmodell aufgebaut ist. Ein Benchmark-Modell zeigte, dass ein Experte 50 Arbeitsstunden benötigt, um ein simples Modell in die Simulationswelt zu übersetzen. Mit Hilfe von CASIN konnte das gleiche Modell per Knopfdruck in 100 Sekunden übertragen werden. Der Zeitgewinn beträgt über 99% und die Ressource kann die gewonnene Zeit auf dem Simulationsmodell verwenden und somit das gewünschte Modell sehr früh virtuell absichern.

2. Lösungsansatz

Ziel ist es gewesen, die verschiedenen Disziplinen per Knopfdruck miteinander zu verbinden und den automatisierten & bidirektionalen Austausch zu ermöglichen. Im Rahmen dessen wurden folgende Vorteile erzielt:

- 99% Zeitgewinn beim CAD-CAE Datenaustausch
- Verbesserung der Produktqualität
- Reduzierung des Time to Market
- Gesamtsystemverhalten in einer frühen Phase der Entwicklung
- Die Erstellung von virtuell zuverlässigen Prototypen
- Produktoptimierungen
- Automatisierte CAD-CAE-Prozesse
- Eine Vereinfachung der Multi-Disziplin-Kopplung

Die aktuelle Version von CASIN ermöglicht diesen Austausch zwischen CATIA V5, MATLAB und Simscape Multibody. Die Anbindung weiterer CAD-Systeme befindet sich in der Testphase.

Abbildung 2

Dank des Datenaustauschs per Knopfdruck ist manuelles einpflegen von CAD-Daten in die Simulationsumgebung nicht mehr notwendig. 99% Zeitersparnis werden beim Vorgang der CAD-Modellübersetzung in ein Mehrkörpersimulationsmodell erreicht. Diese Zeitersparnis kann in der Produktentstehungsphase für die Simulation und die Weiterentwicklung der CAD-Modelle eingesetzt werden. Somit ermöglicht CASIN bereits in einer frühen Entwicklungsphase das Gesamtsystemverhalten zu simulieren und infolgedessen z.B. in kürzester Zeit Konstruktionen zu optimieren.

Mit Hilfe der folgenden Grafik wird ein Prozess zur Verwendung von CASIN beschrieben.

Abbildung 3

1. Die Grafik startet mit der Erstellung einer CAD Baugruppe, welche aus Bauteilen und deren Verbindungen zueinander besteht.
2. Dieses CAD-Modell kann daraufhin per Knopfdruck mit Hilfe von CASIN vollautomatisiert in die MATLAB Simulationsumgebung übertragen werden. Hierbei werden nahtlos alle für die Mehrkörpersimulation erforderlichen Daten in SimMechanics bzw. Simscape Multibody übertragen. Eine Zusammenstellung der übersetzten Daten sind im Folgenden aufgelistet.

werden, sondern der Parameterdatensatz wird aktualisiert. Daraufhin kann dieser Prozess von 1-5 solange durchgeführt werden bis ein optimiertes Modell basierend auf den Anwenderanforderungen berechnet worden ist.

Im Fall von Optimierungen werden die Schritte 1. bis 5. mit Hilfe von Optimierungsalgorithmen automatisiert durchlaufen und es findet ein kontinuierlicher bidirektionaler Austausch zwischen den beteiligten Systemen statt.

3. CASIN in der Anwendung

CASIN kann in verschiedenen Industriezweigen Anwendung finden und somit ist die Anzahl der Anwendungsfälle umfangreich. So zeigten sich zum Beispiel Anwendungsfälle in der Luftfahrt bei Türsystemen und Fahrwerken, als auch in der Automobilindustrie in der Autositz- und der Cabriooverdeckentwicklung.

Im Folgenden wird der Anwendungsfall eines Cabriooverdecks skizziert. Hierbei ermöglicht CASIN die nahtlose Kommunikation zwischen dem CAD und MATLAB System. Es wird an einem vereinfachten Cabriomechanismus mit Hilfe von CASIN eine geometrisch optimale Position des Antriebsaktuators unter dem Einfluss der Randbedingung des Bauraums berechnet, so dass eine minimale Kraft am Antriebsaktor zu verzeichnen ist. Der Mechanismus ist im ausgefahrenen und eingefahrenen Zustand unten dargestellt.

Im Folgenden wird der Optimierungsprozess schrittweise beziehend auf die vorhergehende Grafik beschrieben.

1. Nachdem das Modell bereits in die Mehrkörpersimulationsumgebung von MATLAB transferiert worden ist und die notwendigen Steuerungseinheiten zur sinngemäßen Bewegung des Modells eingefügt worden sind, kann die Simulation des Modells starten.
2. Während des Simulationsprozesses wird die Kraft, die am Aktuator im Simulationszeitraum wirkt aufgezeichnet. Darüber hinaus können weitaus mehr Parameter nach Anwenderwunsch gespeichert und für Folgeanalysen verwendet werden.
3. Daraufhin wird die Kraft von einem Optimierungsalgorithmus bewertet und ein Optimierungsvorschlag wird darauf basierend definiert.

Abbildung 5

4. Dieser Optimierungsvorschlag wird in einem nächsten Schritt an das CAD System übergeben und die Geometrie wird aktualisiert. Die aktualisierten CAD-Daten werden automatisch an MATLAB weitergeleitet und das parametrisierte MATLAB-Modell kann folglich basierend auf neuen geometrischen Informationen simuliert werden. Das aktualisierte MATLAB-Modell kann in Referenz zum vorhergehenden Modell in Bezug auf die Aktuatorkraft analysiert werden und bestimmt werden, ob die geometrische Veränderung eine Minderung der Aktuatorkraft hervorgerufen hat. Der Prozess von 1 bis 4 wird solange durchlaufen, bis ein Optimum unter festgelegten Randbedingungen gefunden worden ist.

Ergebnisse solcher Optimierungen können in Form von Benutzeroberflächen dem Anwender zur Verfügung gestellt werden. Hierfür ist unten exemplarisch eine Benutzeroberfläche dargestellt. So kann z.B. ein Konstrukteur per Knopfdruck mit Hilfe von CASIN ein Simulationsmodell aufbauen lassen und Kräfte unter gewünschten Randbedingungen simulieren bzw. optimieren lassen.

Abbildung 6

Basierend auf dem Know-How aus der Entwicklung von CASIN können Kontaktkraftmodelle erstellt werden, die die Fähigkeit besitzen Kontakte zwischen Bauteilen z.B. in der Mehrkörpersimulationsumgebung zu berechnen. Darüber hinaus werden Reibmodelle gegenwertig in die Mehrkörpersimulation integriert und liefern somit realitätsnahe Simulationsergebnisse.

Abschließend lässt sich festhalten, dass individuelle Kundenlösungen basierend auf einer offenen CASIN Plattform realisierbar sind.

4. Zusammenfassung

Die Lösung CASIN zeichnet sich als einmalige Software zur bidirektionalen Verknüpfung von Konstruktions- und Simulationswelt aus. Der Mehrwert durch die Verknüpfung dieser elementaren Ingenieursdisziplinen kann individuell durch den Anwender zur Analyse und Optimierung genutzt werden und dies kann darüber hinaus sehr früh im

Produktentstehungsprozess einer virtuellen Absicherung dienen. Durch die Simplizität der Übertragung per Knopfdurch können Mehraufwände bei der Übersetzung von CAD-Modellen in die Simulationsumgebung erspart werden und Ressourcen in die virtuelle Absicherung und Optimierung umgelegt werden. Somit kann mehr Zeit im Bereich der Auslegung und bis zu 99% weniger Zeit für Modellübersetzungen investiert werden.