

## 최적화를 위한 선택 (Part 1)

박재민 \_ 박상근 \_ 한국교통대학교 기계공학과 \_ skpark@ut.ac.kr

Good. Better. Best. 당신은 자주 카펫에서 컴퓨터에 이르기까지 다양한 제품 군에서 다음의 조건(선택)들을 살펴봅니다. 그 조건(선택)에는 가격, 성능, 내구성과 시각적 매력 등이 있습니다. 그런데 이상의 용어들은 다양한 측면 혹은 방식으로 일반적인 엔지니어링 설계 순서에 관한 비전을 담고 있습니다. 그러나 더 나은 것이 발견되면 애석하게도 이 설계 과정이 멈추고 맙니다.

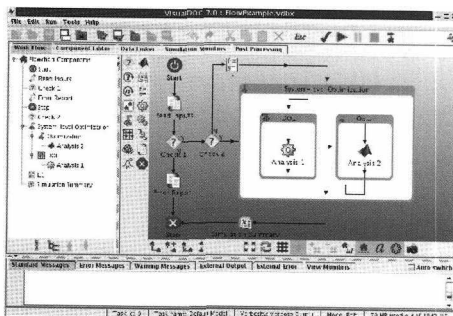
개선을 넘어 최상의 설계를 구현하기 위한 제품의 연구개발 일정이 거의 허락되지 않습니다. Red Cedar

Technology사의 사장 겸 CEO인 Robert Ryan (HEEDS MDO 최적화 소프트웨어 개발자)은 다음과 같은 말을 합니다. “전형적으로 당신은 CAE모델이 꽤 괜찮다고 일단 증명이 되면, 이미 완료된 것을 포함하는 설계 공간 내에서 설계 변경을 가하여 약간의 개선을 수행합니다. 설계자(디자이너)가 극적인 개선을 향하도록 거의 허락하지 않습니다.”

극적 개선을 이루기 위해서는 선택 가능한 여러 설계 안들 가운데 체계적인 최적화 탐색 과정이 필요합니다. 그러나 수공예 의존한 접근 방식은 많은 시간을 요구하며, 자동화된 실험계획법(DOE) 방식은 거시적으로 (전체적인 상황 속에서) 기회 조차도 잃어버리는 결과를 낳게 됩니다.

최적화 소프트웨어 회사인 Vanderplaats 연구개발사의 창업자이자 CEO인 Garret Vanderplaats는 다음과 같이 말합니다. “DOE는 개별적인 파라미터에 집중하는 경향이 있다. 유효한 설계 탐색이 되려면 해당 설계 공간 상에서 유망 영역에 초점을 둔 체계적인 검색 과정의 정립이 필요하다.”

흔히 설계자들은 최상의 성능을 찾기 위하여 약간의 설계 변경에 모든 노력을 경주합니다. 이들은 현실 세계에서 제조 조건의 변화(예: 기하학적 편차)에서 발



Workflow example for VisualDOC multidisciplinary optimization software, showing graphical user interface to set up, execute and automate a design optimization process. Image courtesy of Vanderplaats Research & Development.

생하는 문제점을 알려고 하지 않으며, 작업 조건의 변화(예: 온도 변화)로부터 야기되는 문제 등을 무시하면서 약간의 설계 변경에만 노력을 다합니다.

SIMULIA의 설계 자동화 제품 담당 이사인 Alex Van der Velden가 다음과 같은 주목할 만한 말을 합니다. "오늘날, 도전은 전역 최적 해를 찾는 것이 아니라 강건 전역 해를 찾는 것에 있다. 많은 최적화 방법이 실제 한계에 맞서 설계를 밀어붙이고 있어 약간의 작업조건 변화에 실패로 이어지고 있다. 만약 제품 설계가 강건 전역 최적 해를 기반으로 둔다면, 이러한 제품은 그 변화에 민감하지 않게 된다. 이것이 제품 품질의 정의이다."

가령 구조 최적화는 비용 절감을 위한 부품 최적화와는 다른 답을 줍니다. 이러한 멀티 측면의 문제와 씨름하는 것은 다분야에 걸친 최적화(multidisciplinary optimization; MDO) 소프트웨어의 출현을 요구합니다. 다분야 최적화의 매력 포인트는 수백 혹은 수천의 설계 결합을 자동으로 평가할 수 있는 능력에서 나옵니다.

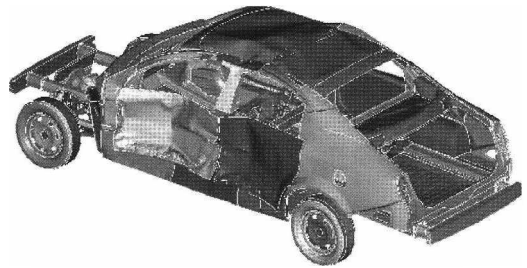
많은 유한요소 및 전산유체 해석 패키지들이 최적화 도구(들)의 몇 가지 유형을 제공합니다. 예를 들어 MSC Software의 MSC NASTRAN, 오토 데스크 시뮬레이션 CFD의 디자인 학습 환경(구 CFdesign라고도 함), 그리고 NISA 기계 설계 / 분석 소프트웨어 NISAOPT 모듈 등이 이것에 해당합니다. 더불어 지난 몇 십 년 동안 일반적이고 독립적인 최적화 패키지의 개발을 목격해 왔습니다.

이러한 도구들에 의한 최적화 수행은 설계 파라미터의 최적화에 적용되며, 거의 모든 분석 소프트웨어(구조, 유체역학, 화학, 금융 등)의 결과물에도 적용됩니다. 또한 무게 최소화에서 냉각 최대화까지 모든 작업에 적용되며, 부품이 파손될 확률을 예측하는 것에도 적용됩니다. 대부분 이러한 독립형 솔루션의 파워는 단일 제품 설계에 대한 여러 분석 도구들과 함께 연결되고 광범위한 성능 특성을 통하여 제품을 최적화하는 능력에서 비롯됩니다.

## 파워 플레이어(Power Players)

최적화 작업이 자주 수행되는 않는 이유 중에 하나가, 처음부터 이것을 가르치는 사람이 거의 없다는 것입니다. Vanderplaats에 따르면 응용수학으로서 학습되며, 엔지니어링 설계로서 학습되지 않으며, 오로지 대학원 수준으로만 진행되는 경향이 있다는 것입니다.

Vanderplaats는 자신의 분야를 확실히 알고 있는 것입니다. 1970년대 초반에 그는 여전히 널리 사용되고 있는 최적화 코드 CONMIN을 개발하였습니다. 1980년대 후반에 그의 회사는 MSC NASTRAN의 최적화 기능을 개발하였습니다. 그리고 1990년대 초반에 VR & D는 "약간의 유한요소 분석과 다수의 최적화 기능"을 제공했던 GENESIS란 소프트웨어를 작성하였습니다. 하지만 오늘날 두 가지 모두 상당합니다. 이러한 추세로 그는 범용의 다분야 최적화 제품 COPEs을 만들었습니다. 현재 VisualDOC라 불리는 VR&D 패키지가 바로 이것입니다.



Safety-design optimization of side impact for an automotive passenger compartment, performed with HEEDS MDO software. The HEEDS optimized design met all constraints--while reducing the mass of the safety cage by 23%. Image courtesy of Red Cedar Technology

VisualDOC의 능력에는 최적화, DOE, 반응표면 근사법, 그리고 강건과 신뢰도에 기반은 둔 확률 최적화가 포함됩니다. VisualDOC를 사용하여 거의 모든 분석 프로그램에 이러한 기능들을 추가하여 사용할 수 있습니다. 이 최적화 도구들은 GENESIS란 소프트웨어에서도 사용되며 2,000,000개 이상의 변수를 처리할

수 있습니다. GENESIS는 구배 선형화보다 더 정확한 2세대, 물리기반 근사화 기법을 포함하며, 약 20개의 유한요소해석 수행을 통해 최적의 구조 설계를 생성합니다.

SIMULIA, 실사 시뮬레이션 제품으로서 다쏘 시스템사의 브랜드인 SIMULIA는 비선형 해석 소프트웨어인 Abaqus와 설계 최적화 Isight을 광고합니다. Engineous에서 2008년 인수 이후 Isight는 현재 버전 5.6로 지속적으로 향상되어 왔으며, Excel 및 ASCII파일을 가지고 30개 이상의 유한요소 해석 및 CFD 응용 프로그램을 지원하는 직접적인 인터페이스를 제공하고 있습니다.

Van der Velden는 "Isight에 의해 디자이너들은 그들의 사고 틀에서 벗어나게 되었다"라고 말합니다. 그는 또한 말합니다. "Isight는 당신이 날개를 설계하는 보(beam)를 설계하는 모른다. 주어진 입력을 단지 받아들여 도전하는 설계 문제의 목표를 향해 솔루션 탐색을 주도한다. 최적화 알고리즘은 결과에 대해 사전에 아무런 사전 지식이나 경험이 없기 때문에, 그것은 당신이 구상한 것과 전혀 다른 답을 당신에게 제공할지도 모른다. 예를들어 예상치 못한 모양이나 두께가 제공될 수도 있다. 한편 제공된 답이 좋은 답변이 될지도 모른다."

Van der Velden는 다음을 추천합니다. 즉 Isight는 해당 문제에서 무엇이 중요한 지를 이해하기 위한 간단한 방법을 제공하기 때문에 Isight를 사용하여 먼저 DOE의 자동적 수행을 추천합니다. 예를 들어 어떤 부품의 최상의 치수를 결정하기 위하여 Isight는 50개의 Abaqus 시뮬레이션 수행 결과(이것을 가지고 보간 곡선을 생성)로부터 이를 조합할 수 있고 추정할 수 있으며, 추가적인 입력에 대비해 반응 기대 값을 채울 수 있습니다. 사용자들이 그래픽 도구인 슬라이더를 사용하여 실시간으로 한번에 최대 8개의 치수를 변화시켜 그 결과를 살펴볼 수 있습니다. 그리고 이후에 Isight는 식스 시그마(Six Sigma) 최적화를 수행하여

주어진 팩터(factor)(예: 재료의 두께) 변화에 대해 어떤 값(예: 응력)이 얼마나 만족되는지 그 확률을 예측할 것이다.

Red Cedar Technology사의 HEEDS MDO 소프트웨어 역시 프로세스 자동화, 설계 최적화, DOE, 그리고 강건 / 신뢰성 계산을 수행합니다. Ryan는 다음과 같이 말합니다. "전통적으로 최적화 도구들은 10여 개의 최적화 알고리즘 중에 하나를 선택하도록 요구하며, 10여 개의 파라미터 조정을 요구한다. 이러한 작업은 일반적으로 성공적 완성을 위해 박사급 인력을 요구한다."

HEEDS MDO는 SHERPA라 불리는 다폴트 탐색 기법을 제공하여, 위에서 언급한 복잡성을 제거합니다. 이러한 하이브리드 프로세스는 여러 검색 전략을 동시에 사용하며 설계 공간에서 배운 데로 해당 문제에 동적으로 적응하는 것을 수행합니다. 사용자들은 연구 문제의 목적을 정의하고, 변화를 줄 파라미터, 확정된 제한조건, 그리고 원하는 반복회수를 단지 선정하면 됩니다. HEED가 나머지 모두를 수행합니다.

Cedar Technology사는 자동화가 어두운 측면을 가질 수 있기 때문에 최적화 프로세스가 블랙 박스가 아니다란 점을 늘 확인해 왔습니다. 이로 인해 사용자들은 수행 과정과 그 결과를 볼 수 있으며, 엔지니어의 직감으로 결과가 나올 때 다른 방향으로의 움직임이 포착될 경우에 실시간으로 그 방향을 바꿀 수 있습니다.

Collier Research HyperSizer 소프트웨어는 강력한 인증 절차 지원을 통하여, 무게, 강도, 그리고 내구성을 위하여, 금속과 복합 구조물에 최적화 기법들을 적용합니다. 이 소프트웨어는 항공 우주, 풍력 블레이드, 상업 및 군사 항공기, 고속철도, 그리고 선박 건조를 위한 공학적 설계를 목표로 두며, 회사 사장인 Craig Collier가 말하는 "모든 설계가 가능한 수준 급의 경기장"을 만들고자 합니다.

HyperSizer Pro는 유한요소 해석을 위한 로드 셋과

형상 모델을 입력 받습니다. 이 소프트웨어는 non-FEA failure methods을 사용하여 안전 계수를 분석하고 그 값을 계산합니다. 또한 수천 개의 기계적 로드 셋, 열 역학적 로드 셋에 대해 음의 값을 가지는 안전계수 마진을 제거합니다. 그리고 나서 무게 경량화를 위해 재료, 단면적 치수 등을 최적화 수행을 통해 결정하고, 구조물 내의 모든 패널 및 보 등을 결정하며, 부하 변경에 따른 유한요소해석이 수렴될 수 있도록 자동적으로 최적화를 진행합니다.

Collier 는 다음과 같이 말합니다. "산업현장에서 바라는 것은 최적화가 밤새도록 진행되어 아침에 그 결과를 보는 것은 아니다. 소프트웨어는 무엇이 진행되고 있으며 무엇이 상호작용을 하는 것인지를 드러내야 한다."

그는 오늘날의 대형 설계를 위한 중요한 측면에 대해 다음과 같이 말합니다. "해당 팀들은 독립적으로 일을 추진하지만, 모든 서브시스템의 설계를 함께 모을 수 있어야 하며 설계 프로세스 전체에 걸쳐 평가를 위해 관리되어야 한다."

다음 달 DE 설계 최적화 범위의 두 번째 파트에서 우리는 시그마 기술, ESTECO 피닉스 통합 기술, 최적의 솔루션 소프트웨어 등을 포함하여 이 분야에 공헌한 바가 큰 이들에 대해 탐험할 것입니다.



본 기사는 한국교통대학교 박상근 편집위원이 Desktop Engineering Magazine의 2012년 5월 1일 게재된 Pamela J. Waterman(DE's simulation expert)의 투고 문을 발췌하였으며, Desktop Engineering Magazine의 연락처는 다음과 같다.

Address: 1283 Main Street, P.O. Box 1039, Dublin, New Hampshire 03444

Phone: +1-603-563-1631 (Fax: +1-603-563-8192)

E-mail: de-editors@deskeng.com

Web site: <http://www.deskeng.com>