

다분야통합최적설계

최 동 훈*

(한양대 기계공학부)

1. 다분야통합최적설계의 필요성

설계분야의 중요성은 신차 개발에 소요되는 부문별 비용들과 그들이 성능 및 생산성에 미치는 영향을 보여주는 그림 1을 통하여 명확히 설명될 수 있다. 이는 설계부문에 소요되는 비용이 다른 부문에 비해 적지만 성능 및 생산성에 미치는 영향은 지대함을 보여주며, 국내 산업체도 그 중요성을 인식하고 연구개발 투자의 비중을 높여가고 있다.

그런데, 국내 산업체의 현황을 살펴보면, 설계는 부품별 혹은 해석 분야별로 나뉘어 여러 설계부서들에서 이루어지며, 결과를 종합하는 단계에서 서로 상충되는 결과가 나타나면 관리자의 판단이나 부서간 협의에 의하여 재설계하는 과정을 반복한다. 이 과정에서 상당한 시간이 소요되며 그 결과가 시스템 수준의 최적설계이기를 기대하기는 어렵다. 특히, 고성능·다기능·고부가가치 제품을 개발하기 위해서는 그 제품의 특성을 결정하는 여러 공학 분야 전문가들의 협동작업이 필요하다. 분야별 해석기술들의 지속적인 발전으로 해석결과의 정확도와 신뢰

도는 점차 높아져 왔으나, 그 결과 설계의 복잡성도 증대하여 협동설계가 더욱 어렵게 되었으며, 이에 따라 통합적인 설계의 필요성이 대두되어 왔다.

이러한 필요성에 부응하기 위하여는 다양한 설계조건을 통합화, 복잡한 설계절차의 자동화, 다분야를 동시에 고려한 설계해의 최적화가 진요하며, 이를 실현시킬 수 있는 최적설계신기술인 다분야통합 최적설계기술의 연구개발은 매우 중요하다. 다분야 통합최적설계(Multidisciplinary Design Optimization: MDO)기술이란 여러 분야의 공학적 원리들(구조해석, 동역학, 열·유체·유동해석, 제어, 전자기장해석 등)을 동시에 고려하여 체계적이고 유기적인 방법으로 최적의 설계결과를 도출하는 설계자동화기술이다. 이 MDO 기술은 최근 컴퓨팅 기술의 발전과 새로운 최적화기술의 발달에 힘입어 선진국을 중심으로 연구가 진행되고 있으며, 산업제품 설계에의 적용 시 달성할 수 있는 제품의 성능향상, 개발기간의 획기적인 단축, 제품의 원가절감 효과 때문에 미국, 유럽 등 선진국 산업체에서도 그 연구가 활발히 진행 중에 있는 신기술이다(그림 2 참조).

그리고, MDO 기술이 구현된 MDO 프레임워크(framework)는 최적화기술, 컴퓨팅기반구조기술, 통합설계기술이 구현된 소프트웨어 복합체인데, 여

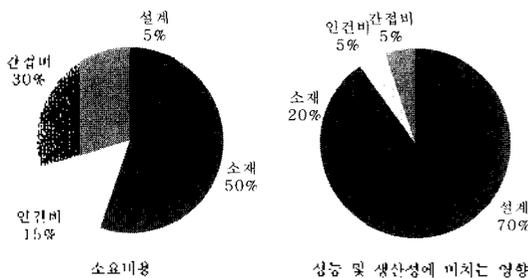


그림 1. 신차 개발 소요 비용과 부문별 비용이 성능 및 생산성에 미치는 영향

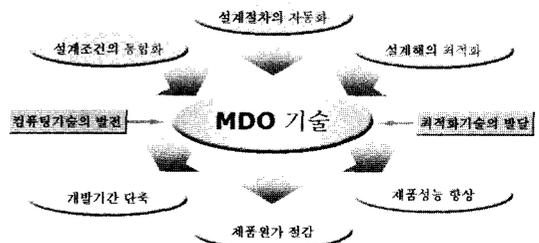


그림 2. 최적설계신기술-다분야통합최적설계(MDO)기술

*E-mail: dhchoi@hanyang.ac.kr

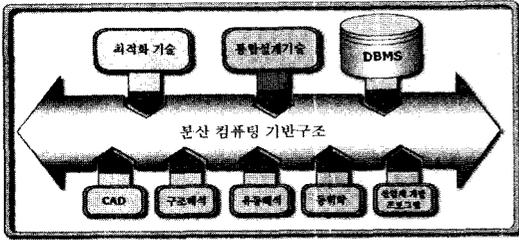


그림 3. MDO 프레임워크의 개념을 나타낸 모식도

기서 컴퓨팅기반구조기술이란 MDO 프레임워크를 구성하는 하부전산구조를 구축하는 기술로서 분산컴퓨팅 기능, MDO 요소기술들과 기존의 CAD/CAE 도구들을 연계하는 기능 등을 포함하고 있다(그림 3 참조).

따라서 국내에서도 차세대 설계기술로 부각되는 MDO 기술과 MDO 프레임워크의 독자적 조기확보를 위하여 총체적 개발이 시급한 현안으로 부각되었으며, 이러한 필요에 부응하여 최근에 과학기술부·한국과학재단의 지원을 받는 우수연구센터가 한양대학교에 설립되었으며, 장기적인 계획 하에 이 분야의 전문가들이 협동하여 체계적이고 유기적인 연구를 수행하고 있다.

2. 국내·외 관련 연구 현황

미국 등 선진국에서는 MDO 기술을 미래지향적 지식기반기술의 핵심으로 인식하여 이 기술에 대한 국가적 지원을 아끼지 않고 있으며, 대학에 연구센터들을 설립하여 활발히 연구를 진행하고 있다. 미국의 경우에는 NASA, NSF 등의 지원을 받는 스탠포드대, 조지아공대, 버지니아공대, 아이오와대 등에 연구센터가 설치되어 있다. 그리고 미국 산업체의 경우 보잉사 등 항공우주업체, GM과 Ford 등의 자동차 회사들이 MDO 기술에 대한 연구를 활발히 진행하고 있고, 점차 조선, 화공, 반도체 등 전 공학 분야로 기술의 적용범위가 확산되어 나가는 추세이다. Ford는 Panther 라는 통합해석 프로그램을 1996년에 개발하여 자동차 차체 CAE 분야의 동시해석 환경을 구축하였다. 이 환경에서 내구성, 안전성, NVH 등을 동시에 고려하는 통합해석기법을 개발 적용하여 설계비용 절감 및 설계시간 단축의 성과를 얻었다. 그리고 2002년에는

NVH와 4종의 안전성을 동시에 고려하여 차체 상세설계에 대한 다분야통합최적설계를 성공적으로 수행하였다. 한편, GM은 1995년부터 동시공학개념을 도입하여 차체의 구조해석, 충돌해석, 공력해석, 안전해석, 동역학해석, 연비해석 등을 통합해석을 수행할 수 있는 IVDA(Integrated Vehicle Design Analysis)를 개발하여 설계소요시간을 단축시키려 하였다. 그리고 2002년에는 해석분야, 제조분야, 그리고 영업분야를 동시에 고려한 자동차 개념설계에 대한 다분야통합최적설계 결과를 발표하였다.

한편, 국내산업체에서는 설계를 위하여 CAD/CAE 도구들을 많이 도입하여 활용하고 있으나 최적설계의 경우 현업 부서에 관련 전문가가 적어 많이 활용되지 못하고 있으며, 대학이나 연구소와의 공동연구가 약간 이루어지고 있는 실정이다. 현재 국내 산업체의 설계절차 및 조직구조로는 점증하는 제품개발기간의 단축요구를 만족시키는데 어려움이 예상되며 이를 극복하기 위해서는 설계의 통합화, 자동화, 최적화를 구현하는 MDO기술의 도입이 필수적이다.

3. MDO를 위한 최적화기술

다분야통합최적설계(MDO)를 위한 최적화기술들은 아래와 같이 분류할 수 있다.

- 실제 제품설계에서 요구하는 다분야(구조해석, 동역학, 제어, 열·유체·유동해석 등) 간의 연관성을 효과적으로 고려하는 MDO 방법론
- 다분야통합설계과정에서의 효율성 및 효율성을 높이기 위한 근사최적화기법
- 산업현장에서의 다양한 설계상황을 처리할 수 있으며 최적해의 신뢰성을 보장할 수 있는 최적화기법들

위에 나열한 최적화기술 중 다분야를 동시에 고려하여야 하는 MDO라는 특성 때문에 새로이 등장한 MDO 방법론과 예비설계 및 상세설계 단계에서 MDO 문제의 해를 구하기 위하여 반드시 필요한 근사최적화기법에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

◎ MDO 방법론

MDO 방법론은 동시에 고려하여야 하는 다양한

표 1. MDO 방법론의 장단점

MDO 방법론	개발자	장단점
Multi-Disciplinary Feasible (MDF) method	Cramer (1992) Kodiyalam (1998)	· 해석의 병렬처리 가능 · 수렴성이 보장됨 · 근사최적화와 연계 가능 · 일반적인 적용이 용이
Individual Discipline Feasible (IDF) method	Cramer <i>et al.</i> (1994)	· 해석의 병렬처리 가능 · 우수한 수렴성의 보장 · 근사최적화와 연계 가능 · 일반적인 적용이 용이
Collaborative Optimization (CO) method	Braun & Kroo (1995) Alexandrov & Lewis (2000)	· 해석과 최적화의 병렬처리 가능 · 분산컴퓨팅 환경에 가장 적합 · 대형 설계문제에 적합 · 근사 최적화와 연계 가능 · 일반적인 적용이 용이
Concurrent Sub-Space Optimization(CSSO) method	Sobieski (1988) Renaud (1994) Tappeta & Renaud (1998)	· 설계민감도 정보를 사용 · 선형시스템에 적합한 방법 · 고차 근사최적화와 연계 어려움 · 일반적인 적용이 어려움
Bi-Level Integrated System Synthesis(BLISS) method	Sobieski (1998, 2001)	· 설계민감도 정보를 사용 · 선형시스템에 적합한 방법 · 고차 근사최적화와 연계 불가 · 수렴성의 보장이 제한적 · 일반적인 적용이 어려움

해석분야들의 다분야통합해석(Multi-Disciplinary Analysis; MDA)을 효율적으로 수행함으로써 MDO 결과를 효과적으로 얻기 위하여 개발된 방법론들로, 하나의 해석분야를 고려하는 최적설계와 똑같은 개념을 사용하는 Multi-Disciplinary Feasible (MDF) 방법론을 비롯하여 IDF, CO, CSSO, BLISS 방법론들이 대표적인 방법론들로 개발되어 있다. 그러나, 산업제품의 다분야통합최적설계에 유용하게 이용할 수 있는 방법론은 아직 개발되어 있지 않은 실정이라서 선진 연구센터들에서는 효율적이며 실용적인 MDO 방법론을 개발하기 위하여 연구를 계속하고 있다. 대표적인 5가지 방법론들의 장단점은 표 1과 같다.

◎ 근사최적화기법

최적설계 결과를 얻기 위하여 국부최적화 기법(MMFD, SLP, SQP 등)을 사용할 경우에는 수십 회 이상의 해석 회수를, 그리고 전역최적화 기법(GA, SA, Direct 등)을 사용할 경우에는 수백 회

이상의 해석 회수를 필요로 한다. 따라서, 설계를 완료하기 위하여 소요되는 시간은 일 회의 해석 시간에 비례한다. 그런데, 제품 성능 계산을 위하여 CAE 도구(NASTRAN, ANSYS, LS-DYNA, ADAMS, FLUENT, MOLD-FLOW, MAXWELL 등)를 이용하여 해석을 수행하여야 하는 경우에는, 일 회의 해석 시간이 길기 때문에 설계 결과를 얻기 위하여 소요되는 시간이 너무 오래 걸리는 문제점이 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 1970년대에 도입된 방법이 그림 4와 같은 근사최적설계방법이다. 이 방법의 개념은 해석 시간이 긴 정확한 해석 방법(Exact Analysis Method)은 해석 시간이 매우 짧은 근사 해석모델(Approximate Analysis Model)을 생성하는 데에만 사용하고, 많은 해석 회수를 요구하는 최적화 기법(Optimization Algorithm)에는 이 근사 해석모델을 접속시켜 근사적으로 최적설계를 수행하는 과정을 순차적으로 반복하는 “순차적 근사최적화(SAO) 기법”을 이용함으로써 합리적인 시간 내에 설계 결과를 얻자는 것이다.

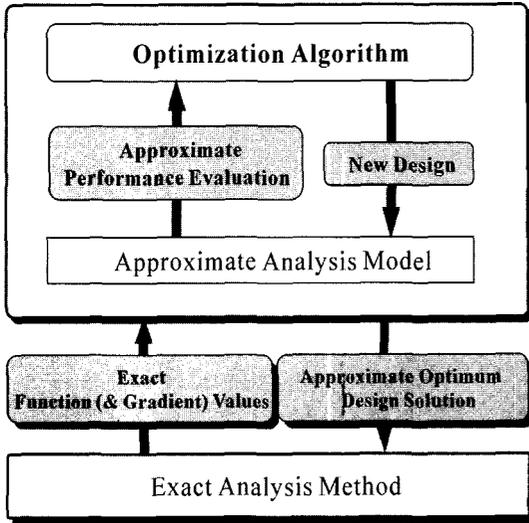


그림 4. 근사최적설계방법

근사최적설계에서는 정확한 해석방법 대신에 근사 해석모델(이하 근사모델)을 사용하여 최적화를 하므로 순차적으로 근사최적화를 수행하여야 하는데, 이러한 순차적 근사최적화(Sequential Approximate Optimization; SAO)의 개략적인 절차는 다음과 같다.

- 단계 1: 초기 근사모델 및 초기 설계영역 설정.
- 단계 2: 현재의 근사최적화 문제를 최적화 기법을 이용하여 풀어서 근사 최적해 (Approximate Optimum Solution)를 구함.
- 단계 3: 근사 최적해가 정확한 최적해에 수렴하였는가를 판별. 수렴하였으면 설계를 완료하고, 아니면 단계 4로 이동.
- 단계 4: 개선된 근사모델을 생성하고 개선된 설계영역을 설정함으로써 새로운 근사 최적화 문제를 정의한 후 단계 2로 이동.

4. 적용 사례

다양한 적용 사례 중에서 선진국의 대표적인 적용분야인 항공기 분야와 자동차 분야의 사례를 소개하고자 한다. 그리고 최적설계기술연구소에서 수행한 MDO 결과 중 트럭 세탁기의 상세설계 사례를 간략히 기술하고자 한다.

[사례 1] 초고속 민간 항공기(High Speed Civil Transport; HSCT) 설계

미국의 NASA 소속 Langley 연구센터에서는 1994년부터 2000년까지 3단계에 걸쳐 HSCT에 대한 다분야통합해석(MDA)을 추진하였으며, 그 결과를 요약하면 표 2와 같다. 표 2에서 볼 수 있는 바와 같이 단계가 진행됨에 따라, 동시에 고려한 설계변수와 구속조건의 개수는 각각 5개에서 271개로 6개에서 31,868개로 증가하였고, 주된 해석 코드의 복잡도는 단순 모델로부터 중상 정도의 상세한 모델로 발전하였으며 해석코드의 수도 10개에서 70개로 증가하였다. 또한, 하중조건과 미션조건도 각각 2개에서 8개로 1개에서 10개로 증가하였고, 따라서 한 번의 MDA를 위하여 소요되는 CPU 시간도 수 분에서 며칠로 증가하였다. 즉, NASA 소속 Langley 연구센터에서도 최근 들어 비교적 상세한 모델과 상용 CAE 도구들을 이용하는 MDA를 시도하여 성공하였으며, 현재는 이를 바탕으로 MDO를 시도하고 있다.

[사례 2] General Motors(GM)의 자동차 개념 설계

2002년 9월 GM에서는 자동차의 해석분야, 제조분야, 그리고 영업분야를 동시에 고려한 개념설계

표 2. 미국 NASA의 HSCT 개발 요약

Application	HSCT2 (1994-1996)	HSCT3 (1995-1997)	HSCT4 (1997-2000)
Design Variables	5	7	271
Constraints	6	6	31868
Major Legacy Code Complexity	Low	Low-medium	Medium-high
Analysis Processes (without looping)	10	20	70
Major Processes	Weight Conv., Trim	Weight Conv., Aeroelastic, Trim	Loads Conv., Trim, Performance
Load conditions	2	2	8
Mission conditions	1	1	10
Process(with loops)	O(10)	O(100)	O(1000)
Total time	O(minutes)	O(hours)	O(1 day)

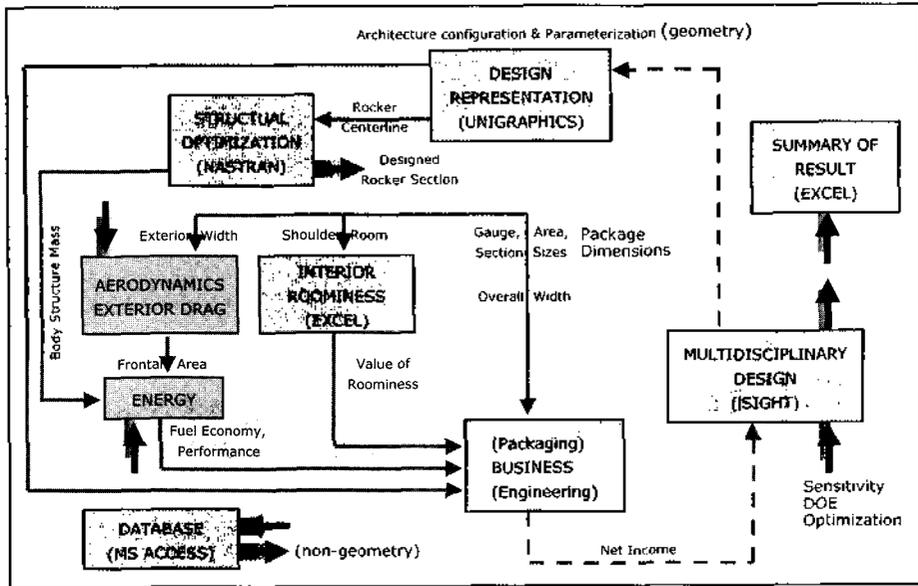


그림 5. GM의 자동차 개념설계

결과를 발표하였다. 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 자동차 형상은 Unigraphics를 사용한 파라메트릭 모델로 표현하였으며, 그 이외의 정보의 저장 및 입출력은 MS Access 데이터베이스를 이용하였다. 그리고 구조해석은 비교적 단순한 모델에 대하여 NASTRAN을 사용하여 수행하였고, 나머지 공력해석, 내부공간해석, 에너지해석, 영업성해석은 Excel 등을 이용한 차체 개발 단순 코드를 사용하여 수행하였다. 각 해석분야 간의 연관관계는 그림 5에 실선으로 표현되어 있다.

이 연구에서는 MDO 방법론으로 Multi-Disciplinary Feasible(MDF) 방법론을 사용하였고, 최적화 방법으로는 반응표면법을 이용한 근사최적설계 방법을 적용하였다. 또한, 설계프레임워크으로는 iSIGHT를 사용하였고, 결과 요약은 Excel을 이용하여 기록하도록 하였다. GM에 따르면, 이 개념설계 방법을 중형 세단에 적용한 결과, 순수입이 현재 설계 대비 12% 증가하였다고 한다.

[사례 3] Ford 자동차의 차체구조 상세설계

2002년 9월 Ford 자동차에서는 NVH(Noise, Vibration, and Harshness), Full Frontal Impact, 50% Frontal Offset Impact, Roof Crush, Side

Impact를 동시에 고려한 차체 BIP(Body-In-Prime) 상세설계 결과를 발표하였다. NVH 해석은 680,000 개의 셀 요소로 모델링된 BIP에 대하여 NASTRAN

Minimize : Vehicle Weight

Subject to :

NVH Constraints :

$$26.6\text{Hz} \leq f_3 \leq 29.3\text{Hz}$$

$$\text{Static torsion} \leq D_1$$

$$\text{Static bending} \leq D_0$$

where

$$f_3 = 3^{\text{rd}} \text{ frequency}$$

$$D_1 = \text{displacement at local point} = 3.5\text{mm}$$

$$D_0 = \text{displacement at local point} = 0.95\text{mm}$$

Roof crush constraints :

$$\text{Crush distance (D)} \leq 5"$$

$$\text{Critical peak load (P}_{cr}) \geq 27\text{kN}(= 6000\text{lb})$$

Full frontal impact constraints :

$$\text{HIC} \leq 450$$

$$\text{Chest G} \leq 45$$

$$P_{\text{total}} \leq 10\%$$

50% Frontal Offset impact Constraints :

$$\text{Toe board intrusion} \leq 10"$$

Side Impact constraints :

$$\text{Viscous Criterion V * C} \leq 0.54$$

$$\text{Displacement} \leq 27.2\text{mm}$$

그림 6. 차체구조 설계요구사항

표 3. 설계변수의 초기값, 상하한값, 최적값

No.	Design Variable	Initial Design	Lower Bound	Upper Bound	Optimal
System Design Variables(18)					
1	Wind shield	3.8	2.6	5.0	2.61
2	Roof panel	0.7	0.6	1.5	0.61
3	Rear rail	1.0	0.6	1.5	0.61
4	Roof cross member (H)	1.4	0.6	1.5	0.61
5	Roof cross member (W)	0.9	0.6	1.5	0.61
6	A-Pillar	0.8	0.6	1.5	1.51
7	B-Pillar 1	1.0	0.6	1.5	0.61
8	B-Pillar 2	0.8	0.6	1.5	0.61
9	B-Pillar 3	1.35	1.0	2.0	1.91
10	C-Pillar	0.8	0.5	1.5	0.51
NVH Design Variables(8)					
11	Rear floor panel	0.76	0.5	1.0	1.01
12	Front floor pan	0.76	0.5	1.0	1.01
13	Jacking/strut	0.5	0.5	1.5	1.51
14	Backhoe glass	3.8	2.6	5.0	3.01
15	Rear tire cover	0.75	0.5	1.0	1.01
16	Shearlag	1.33	0.9	1.5	1.51
17	Radiator support	0.76	0.5	1.0	1.01
18	Top edge (y-coupl.)	367	256	478	366.8
Roof Crush Design Variables(10)					
19	Front door	0.7	0.4	1.0	0.7
20	Front door inner	0.7	0.4	1.0	0.7
21	Rear door	1.0	0.7	1.3	1.0
22	Material for A-Pillar 1	0.207	0.192	0.345	0.207
23	Material for A-Pillar 2	0.207	0.192	0.345	0.207
24	Material for A-Pillar 3	0.207	0.192	0.345	0.207
25	Material for B-Pillar 1	0.207	0.192	0.345	0.207
26	Material for B-Pillar 2	0.207	0.192	0.345	0.207
27	Material for B-Pillar 3	0.207	0.192	0.345	0.207
28	Material for B-Pillar 4	0.207	0.192	0.345	0.207
Frontal and Global Impact Design Variables(5)					
29	Subframe	2.0	1.0	3.0	1.01
30	Rail 1	1.9	1.0	3.0	1.01
31	Rail 2	1.9	1.0	3.0	1.01
32	Rail 3	1.9	1.0	3.0	1.01
33	Rail 4	2.1	1.0	3.0	1.01
Side Impact Design Variables(5)					
34	Door reinforcement	1.0	1.2	2.0	1.501
35	Rockler outer	1.1	0.7	1.5	1.1
36	Rockler inner	1.75	1.2	2.4	1.751
37	Cross member	2.3	1.2	3.0	2.3
38	B-pillar reinforcement	2.2	1.2	3.0	2.261

을 사용하여 수행하였고, 네 종류의 충돌 및 승객 거동 해석은 각각 차량 상세 모델과 Dummy에 대하여 상용 해석 툴인 RADIOSS와 MADYMO를 사용하여 수행하였다.

그림 6에 표기한 바와 같이, 이 연구에서 정의한 설계요구사항은 NVH 관련 구속조건 3종과 충돌 및 승객거동 관련 구속조건 8종을 모두 만족하면서 중량을 최소화하는 것이고, 설계변수는 표 3에 나열한 바와 같이 모든 분야에 영향을 미치는 시스템 설계변수 10개, NVH 관련 설계변수 8개, 충돌 및 승객거동 관련 설계변수 20개로 총 38개의 설계변수를 설정하였다. 따라서 이 연구에서 다루 최적화 문제는 11종의 구속조건을 모두 만족하면서 중량을 최소화하는 38개의 설계변수 값들을 구하는 문제이다. 설계변수의 초기값과 상하한값도 표 3에 나열되어 있다.

이 연구에서도 Multi-Disciplinary Feasible (MDF) 방법론을 사용하였고, 최적화 방법으로는 반응표면법을 이용한 근사최적설계 방법을 적용하였다. 최적

표 4. 설계요구사항의 초기값, 한계값, 최적값

Attribute	Performance	Baseline	Target	Optimal
NVH	3rd frequency(Hz)	26.6	26.6 ≤ f ≤ 29.3	27.4
	Forcion disp. 1(mm)	3.7	≤ 3.5	3.10
	Forcion disp. 2(mm)	-3.7	≥ -3.5	-3.12
	Bending disp (mm)	-1	≥ -0.95	-0.95*
Frontal	HIC	500	≤ 450	399
	Chest G	42	≤ 45	41.4
	Ptotal(%)	10	≤ 10	8.8
Roof	Resistance force(kN)	34.7	≥ 27	31.1
Offset	Intrusion1(in.)	10.8	≤ 10	10.0*
	Intrusion2(in.)	10.9	≤ 10	9
	Intrusion3(in.)	10.1	≤ 10	10.0*
Side	V*C1	0.48	≤ 0.54	0.46
	V*C2	0.51	≤ 0.54	0.52
	V*C3	0.57	≤ 0.54	0.54
	Displacement1	23.5	≤ 27.2	23.2
	Displacement2	26.3	≤ 27.2	25.9
	Displacement3	27.2	≤ 27.2	26.8
	Weight(Kg)	1740.50	Minimize	1723.30

설계 결과 얻은 설계변수들의 최적값은 표 3에 나열되어 있으며, 구속조건 및 목적함수의 최적값은 초기값과 한계값과 함께 표 4에 수록되어 있다. Ford 자동차에 따르면, 표 4에서 볼 수 있는 바와 같이 이 연구를 통하여 모든 구속조건을 만족하면서 중량을 약 5% 감소시킬 수 있었다.

[사례 4] 최적설계 신기술연구센터의 드림 세탁기 상세설계

이 사례에서는 LG전자(주)의 협조 하에 구동부, 현가시스템, 캐비닛, 다리로 구성된 세탁기 시스템 중 구동부, 현가시스템, 캐비닛의 모델링 및 동적 해석 기술을 동역학 해석 프로그램인 DADS와 구조해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 정립한 후, 구동부의 회전에 의해 발생하는 세탁통(tub)과 캐비닛의 최대 변위들에 대한 제한조건들을 만족하며 정상상태 캐비닛 진동을 최소화할 수 있는 드림 세탁기의 현가시스템의 특성 및 장착위치, 그리고 캐비닛의 형상을 결정하는 최적설계를 수행하였다.

그림 7에 이 다분야통합최적설계 문제를 요약하였다. 현가시스템은 3개의 스프링과 2개의 댐퍼로 구성되어 있으며, 7개의 설계요구조건들을 만족하며 목적함수인 캐비닛의 정상상태 진폭을 최소화하는 14개의 설계변수 값들을 구하는 문제이다.

이러한 최적설계문제의 최적해를 구하기 위하여 최적설계신기술연구센터에서 개발한 MDO 프레임

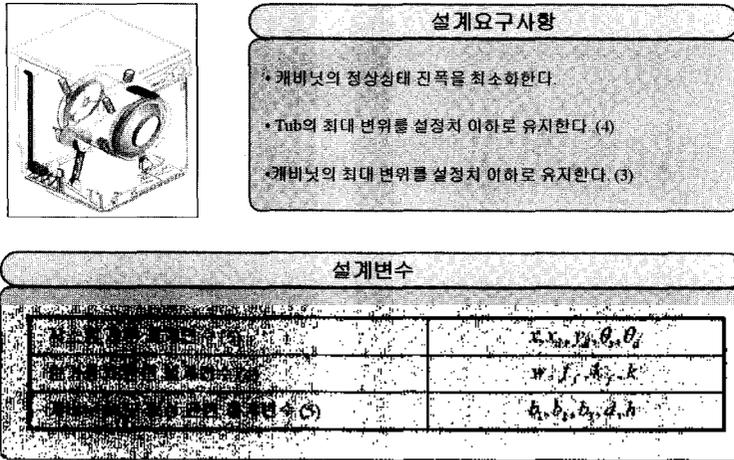


그림 7. 드럼 세탁기 다분야통합최적설계 문제

적인 EMDIOS를 사용하였으며, 그 절차는 그림 8과 같다. 단계 ①에서는 설계변수의 초기값을 EMDIOS의 입력으로 사용한다. 단계 ②에서는 전달된 설계변수 값들을 이용하여 동역학해석프로그램인 DADS와 구조해석프로그램인 ANSYS의 입력파일을 순차적으로 생성하고 단계 ③에서는 생성된 입력파일을 사용하여 DADS와 ANSYS를 순차적으로 수행하여 결과파일을 생성하며 단계 ④에서는 결과파일에 저장된 데이터 중에서 최적설계에 필요한 데이터를 추출하는 작업을 수행한다. 단계 ⑤에

서는 추출된 데이터를 설계요구사항들과 비교하여 만족여부를 판정한다. 만족하지 않으면 최적화 알고리즘에 의하여 설계변수의 값을 자동으로 변경시키면서 설계요구사항들이 만족될 때까지 단계 ②에서 단계 ⑤까지의 과정을 반복 수행한다.

EMDIOS를 이용하여 다분야통합최적설계를 수행한 결과 7개의 설계요구조건을 모두 만족하는 최적해를 구할 수 있었으며, 최적설계 이후 캐비닛의 정상상태 진폭은 약 33% 감소하였다. 그리고 그림 9에 초기 설계에서의 설계변수 값을 1로 하였을 때

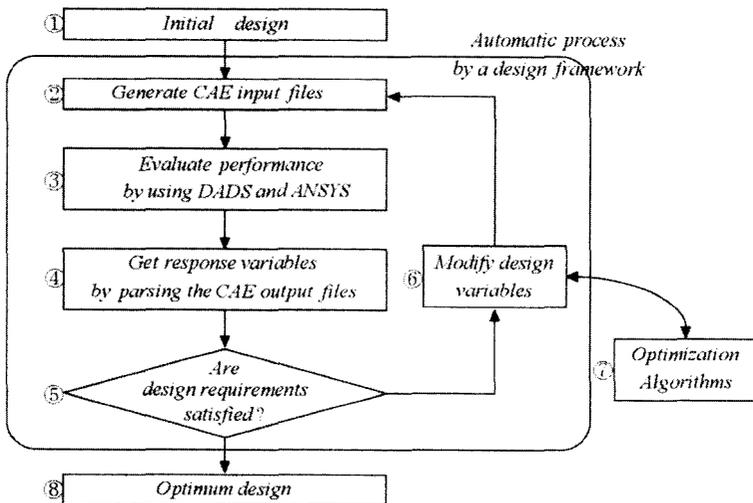


그림 8. 드럼 세탁기 다분야통합최적설계 절차

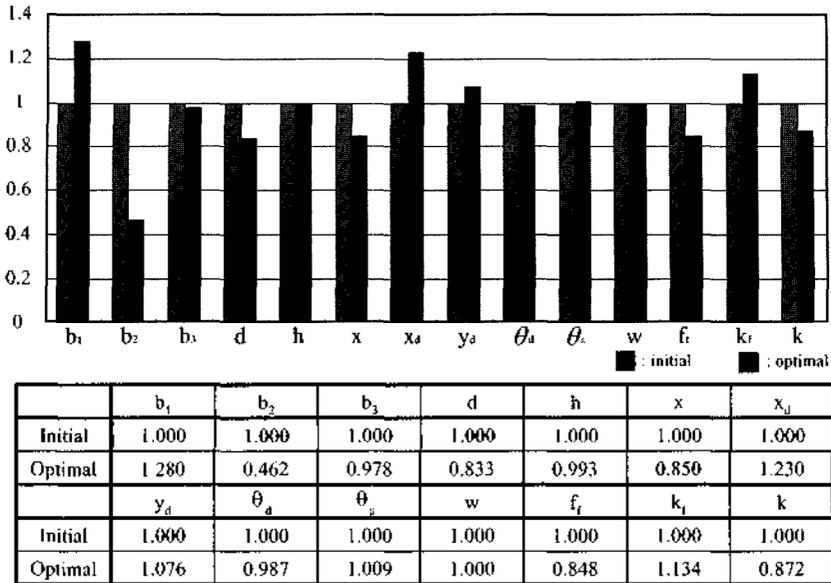


그림 9. 설계변수들의 최적값

최적설계값의 상대비율을 나타내었는데, 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이, 14개의 설계변수의 값들이 적절히 증가하거나 감소함으로써 설정했던 설계요구사항을 모두 충족시킬 수 있었다.

또한, 캐비닛 우측 중앙, 좌측 중앙, 그리고 원형 문의 진폭을 초기 설계값을 사용했을 경우와 최적 설계값을 사용하였을 경우에 대하여 비교한 결과를 그림 10에 도시하였다. 그림 10에서 볼 수 있는

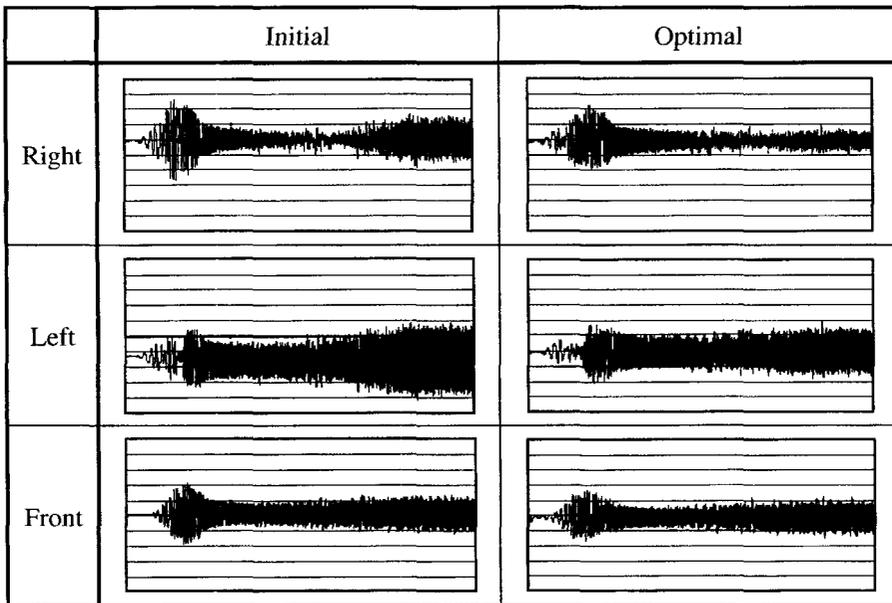


그림 10. 초기설계치를 사용할 경우와 최적설계치를 사용할 경우의 진동현상 비교

바와 같이 최적설계치를 사용했을 경우에 진폭이 크게 감소하였고, 이를 통하여 다분야통합최적설계의 효과를 알 수 있었다.

5. MDO 기술 적용의 기대효과

제품개발에 있어 MDO 기술은 다양한 설계조건
의 최적화, 반복적인 설계과정의 자동화, 다분야를
동시에 고려한 설계해의 최적화, 추상적인 표현의
객관화 등을 통하여 제품개발 기간을 획기적으로
단축할 수 있다. 또한 기업이 다양한 수요에 대처

할 수 있고 21세기 환경에서 설계 경쟁력을 갖출
수 있는 기반을 확립할 것이며, 이 기술이 타 분야
로 용이하게 파급될 것이다. 특히, 제품개발의 신속
성, 체계성을 갖추기 위한 MDO 기술의 독자적
개발 및 확보는 기업의 국제 경쟁력 재고를 위하여
필수 불가결하다. 기업은 MDO 기술을 통하여 합
리적이며 효율적인 설계체계를 확립할 수 있으며
21세기 지식기반사회에서 정보기술 및 운용기술을
확보하여 차세대 기업으로 변모할 수 있는 획기적
인 전기를 마련할 것으로 기대된다.