

# 최적설계에서 설계전문가시스템까지

한 순 흥 <과학원 자동화 및 설계공학과 교수>

## 1. 머리말

최적설계에 대한 두번의 특집을 통해 최적설계, 다 목적함수, 민감도 해석, 재설계, 지식기반시스템, 유전적 알고리즘, 신경회로망 등 새로운 방법들이 많이 소개되었다. 이들을 이론적인 배경에 의해 분류하면, 최적화 이론(Optimization Theory)과 인공지능(Artificial Intelligence)의 두 가지로 크게 나누어 볼수 있다. 하지만 한편으로는 이들을 '어떻게 하면 더 나은 설계를 할 수 있는가?' 하는 한가지 목표를 달성하기 위해 제안되고 있는 여러가지 도구들로도 이해될 수 있다.

이 글에서는 이 다양한 방법들에 대한 관련성을 설계방법론이라는 관점에서 설명을 시도하고자 한다.

## 2. 공학설계 방법론

공학 설계작업에 컴퓨터의 이용이 늘어나면서, 공학설계 방법 자체에 대한 연구가 활발해 지고 있다. 그것은 결국 컴퓨터를 이용하여 설계작업을 향상시켜 보자는 의도이다. 이를 위해 우선은 설계작업을 컴퓨터 내부에 표현하는 것이 필요하며, 많은 연구자들이 경험 많은 설계자들이 어떻게 설계작업을 수행하고 있는 지를 구명하였다. 이렇게 관찰된 서로 다른 설계방법들에 대한 비교평가를 통하여 더 나은 설계방법을 찾아서 제시할 수 있다.

지금까지의 공학설계를 위한 컴퓨터 이용은 자동제도 등과 같은 설계를 위한 보조 수단으로의 활용을 제외하면, 시뮬레이션과 최적설계로 요약될 수 있다. [11]. 시뮬레이션이란 설계대상물에 대한 전산모형을 이용하여 여러가지 컴퓨터 실험을 수행하는 것으로,

과거의 설계과정에서는 미적분 방정식을 이용한 수학적모델이나, 축소모형을 이용한 실험실험에 해당하는 방법이다. 시뮬레이션에서는 전산모형을 여러가지로 변경시키면서 성능의 변화를 예측하여 설정된 목표에 맞는 가장 적절한 설계안을 찾아간다. 설계방법상으로는 과거의 방식과 차이가 없으나 전산모델이 좀 더 빠르고 경제적인 예측을 가능하게 한다. 최적설계에서는 전산모형을 바탕으로 목적함수와 제한조건을 추가하며, 최적화 알고리즘이 주어진 제한조건을 만족하면서 목적함수를 최소화하는 설계안을 자동적으로 찾아준다.

근래에 인공지능 분야의 연구에서 얻어진 결과를 이용하여, 컴퓨터로 하여금 지식을 표현하고 처리할 수 있는 방법이 알려지면서, 인간설계자가 설계작업을 어떻게 수행하고 있는가 하는데 대한 연구가 더욱 활발해지고 있다[6][7][8][9]. 이러한 연구를 통해 밝혀지고 있는 것은, 그동안 개별적인 공학제품들을 설계하기 위하여 시행착오적인 방법을 통해 쌓여 올려진 경험적 설계방법들이, 많은 부분에 있어서 공통점을 갖고 있다는 것이다. 전혀 관계가 없을 것으로 여겨지는 선박설계 과정과 소프트웨어 시스템 설계 과정에서 유사한 방법들이 이용되고 있는 것이다. 따라서 공학설계 과정에 공통적으로 유용하게 쓰일 수 있는 방법들을 찾아내어 체계화하는 것이 공학설계 방법론에 대한 연구의 목적이다.

공학설계의 방법에 대한 연구 방향은 크게 두가지로 분류할 수 있는데, 첫째는 설계를 인간의 모방할 수 없는 고유의 행동으로 파악하여, 설계 과정과 설계 작업분석 등을 연구하여 설계작업을 더욱 효율적으로 수행할 수 있는 방법을 찾아내는 방식이며, 둘째는 설계작업도 인공물로 대체할 수 있는 것으로 파

악하여 분석을 통한 대체품을 찾아내어 설계작업을 자동화하려는 연구이다. 첫번째 방식으로 분류될 수 있는 것이 HCI(Human Computer Interaction), 가시화(Visualization), 그래픽 사용자 인터페이스(GUI), 컴퓨터 이용설계(CAD), 형상모델링 등이며, Table 1은 두번째의 입장에서 지금까지 밝혀진 설계의 방법들을 요약한 것으로 최적설계나 설계전문가시스템도 이 분류에 포함된다.

Table 1 공학설계 방법[9]

Approach	Model Characterization of Design Activity
System Science	Black box theory, State theory, Decision theory, Component integration theory
Problem Solving/Planning	Recursive problem decomposition, State-space search, Constraint propagation
Transformational	Design description(program) transformation and language translation. Function - Structure
Database	Centralized design library and independent design process
Algorithmic	Finite deterministic processes including mathematical optimization techniques
Axiomatic	Axiomatization of general intuitively powerful design rules, proof of theorems
Machine Learning	Knowledge acquisition from instruction, examples, observation and discovery; Execution of plans

### 3. 최적설계와 민감도 해석

최적화 이론은 한정된 자원을 적절히 배분하는 문제를 주로 다루는 Operations Research(O.R.)분야에서 많이 연구되어 왔으며, 경영과학 분야에서의 이러한 연구는 주로 선형계획(Linear Programming : LP)문제로 단순화 되어 그 해를 구하여 왔다. 경영의 문제는 대부분 수백여개에 이르는 많은 변수와 그들 간의 관계식으로 표현되기 때문에 선형화가 필요하며, 의미가 있다. 공학설계 문제를 최적화 문제로 정식화(Formulation)하는 경우에는 대부분이 비선형 문제(Non Linear Programming : NLP)로 정의된다. 자원을 배분하는 경영문제 보다는 변수가 적지만 변수들간의 관계는 훨씬 복잡하게 표현된다. 따라서 선형계획 문제와는 다른 방식으로 해를 구하게 된다. Fig. 1은 최적화 문제를 구성하는 요소들간의 상관관계를 보여준다.

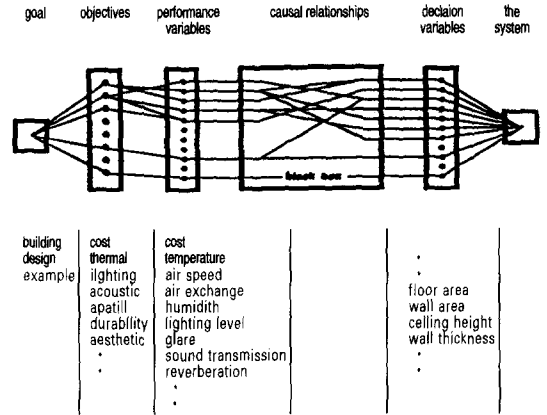


Fig.1 최적화 문제를 구성하는 요소[6]

공학설계 문제를 최적화 문제로 정식화 하면, 그 목적함수(Objective Function)가 단일함수로 표현되지 않고, 여러개의 상충하는 목표들을 동시에 추구해야 하는 문제로 정리되는 경우가 많다. 이러한 문제를 다루는 것이 다목적 함수(Multiple Objective)문제이다. 한편, 구조설계의 경우에는 목적함수나 제한조건식(Constraint Function)의 수치값을 얻기 위해서 유한요소법(FEM)과 같은 방대한 계산을 필요로 한다. 일반적인 최적화 알고리즘에서는 최적해를 얻기 위해 수백 또는 수천 번의 수치값의 반복계산이 필요하며, 이를 위해 유한요소법의 해를 수백번 구한다는 것은 현재의 전산기 계산 능력으로 감당할 수 없는 양이다. 이러한 어려움을 극복하기 위한 방법으로 많이 연구되고 있는 것이 민감도 해석(Sensitivity Analysis)과 재설계(Redesign)방법이다. 여기서는 FEM 등으로 구한 수치해를 최대한 활용하여 반복계산의 양을 최소화하는 것이 중요한 부분이다.

### 4. 전문가시스템과 인공지능

최적화 문제의 해를 구하는 여러가지 방법들이 아직도 많이 연구되고 있지만, 한편으로 최적화 문제의 해(Solution)를 구해주는 상업용 프로그램들도 상당수 판매되고 있다. 따라서 최적설계에서 어려운 부분은 해를 구하는 것 보다는, 공학설계 문제를 어떻게 정식화 하는가 하는 부분으로 옮겨지고 있다. 일단 정식화된 문제는 알맞는 알고리즘을 선택하여 실행시키면 그 해를 쉽게 구할 수 있다.

그러나 문제는 그러한 최적화 알고리즘들이 수학적식으로 표현된 문제만을 처리할 수 있다는 것이다.

공학설계 문제를 모두 수식으로 표현하는 것은 불가능한 것이며, 수식으로 표현이 가능한 부분에서도 그 수식을 유도해 내는 것은 상당한 경험과 전문지식을 요구하는 작업이다. 따라서 활발한 연구가 이루어지고 있는 인공지능 분야의 여러가지 방법들이 최적설계 문제를 해결하는데 이용되고 있다. 이러한 적용방식들을 분류해 보면 크게 최적해를 찾는 방법을 개선하는데 이용되어 새로운 최적화 알고리즘을 개발하는데 쓰이는 방식과, 최적화 문제의 전처리(Pre Processing)나 후처리(Post-Processing)에 이용되는 방식으로 분류가 된다.

최적화 문제 뿐만이 아니라 일반적인 공학문제를 정식화(Formulation)하는 것은 수학적인 이론으로 처리하기 어려운 부분으로, 인간의 경험과 직관, 논리의 추론 등을 필요로 하는 부분으로 전문가시스템의 적용에 알맞는 부분이다. 특히 공학설계 문제에서 주어진 성능목표를 달성할 수 있는 설계대안을 제시하기 위해서는 절차적인(Procedural)알고리즘만으로 해결할 수 없는 부분이 많고, 선언적(Declarative)인 표현이나 경험을 바탕으로한 노하우를 처리해야 하는 부분이 많다. Fig. 2는 설계전문가시스템을 구성하는 두 요소를 보여준다. 설계 전문가시스템이라고 하는 것은 Fig.2와 같이 전통적인 공학설계 방법과 전산분야의 전문가시스템, 이 두 분야의 기술을 잘 접목시키므로 얻어질 수 있다. 오랜 세월동안 사람들이 수행해온 공학설계작업의 내부 과정에 대한 규명작업과, 인간의 지능을 컴퓨터 내부에 표현하고 이용하는 기술인 전문가시스템 기술을 접합하는 것이 중요하다.

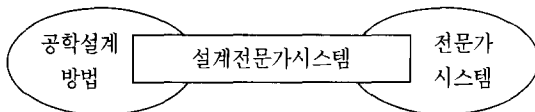


Fig. 2 설계전문가시스템의 구성요소

근래에는 인공지능 방법론과 형상모델링을 바탕으로 하는 CAD를 접목하는연구가 활발히 진행되고 있다. 지능형 CAD(Intelligent CAD) 또는 모델기반 설계시스템(Model-Based Design System)이라고 불리우는 이 분야는, 공학설계가 형상을 처리하는 부분이 많기 때문에, 단순한 지식의 집합체 만으로 설계과정을 처리하기 보다는, 형상을 바탕으로한 추론등이 가능하도록 지원한다. 특징형상 모델링(Feature-Based Modeling)도 이러한 맥락에서 연구되는 분야로 파악될 수 있다.

이상과 같이 최적설계와 설계전문가시스템의 상관계를 공학설계방법론의 일부라는 관점에서 정리해 보았으며, 앞으로 이들 간의 구체적인 관련성과 사례에 대한 연구가 필요한 것으로 여겨진다.

## 참고 문헌

- [1] 김재근, 한순홍, "선박 기본설계 과정에서 경제성 검토와 최적화 기법의 응용", 조선학회지, 15권 4호, 1978년 12월
- [2] 한순홍, "Wageningen B-series 프로펠러의 최적 선택방법", 선박연구소보, 1979년 11월
- [3] 박용철, 김성기, 한순홍, "수입석탄 운반선의 최적설계(상, 하)", 해양한국, 1980년 4, 5월
- [4] 한순홍, "선박 설계를 위한 컴퓨터 응용기술에 대한 조사", 조선학회지, 23권 3호, 1986년 9월
- [5] J.S. Arora, "Introduction to Optimal Design", McGraw-Hill, 1989
- [6] R.D. Coyne, M.A. Roseman, et al., "Knowledge-Based Design Systems", Addison-Wesley, 1990
- [7] 아가키, "설계 Expert System의 기초와 응용(일본어)", (일본)코로나사, 1990년 5월
- [8] J. Gero(Ed.), "Artificial Intelligence in Design", Butterworth, June 1991, 1992
- [9] S.M. Kannapan, K.M. Marshek, "Engineering Design Methodologies: A New Perspective", in A. Kusiak (Ed.), 'Intelligent Design and Manufacturing', John Wiley & Sons, 1992
- [10] T.K. Hight, L.A. Stauffer(Eds.), "Design Theory and Methodology-DTM'93", Sept, 1993, ASME
- [11] M. Balachandran, "Knowledge-Based Optimum Design", Computational Mechanics Publications, 1993
- [12] 이재규, 김민영, "Knowledge-assisted Optimization Model Formulation: UNIK-OPT", Decision Support Systems, 1993
- [13] 한순홍, 이효섭, 이경호, 이동곤, "설계 전문가시스템: 범용 셀을 이용한 선박 구조설계의 지원", 기계학회논문집 18(3): 777-784, 1994년 3월