

# 압력센서의 자동설계를 위한 디자인윈도우 평가기법

김종현\*, 이준성\*, 박우진\*, 조성규\*\*, 최진아\*\*\*

\*경기대학교 기계시스템공학과

\*\*경기대학교 대학원 기계공학과

\*\*\*경기대학교 공학대학원 소방·방재전공

jsleel@kyonggi.ac.kr

## Design Window Evaluation Technique for Automated Design of Pressure Sensors

Jong-Hyun Kim\*, Joon-Seong Lee\*, Woo-Jin Park\*, Sung-Gyu Cho\*\*, Jin-A Choi\*\*\*

\*Dept. of Mechanical System Engineering, Kyonggi University

\*\*Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Kyonggi University

\*\*\*Major of Fire Protection & Disaster, Graduate School of Engineering, Kyonggi University

일반 구조물 설계에서 최적화시키기 위해서는 반복적인 과정을 거쳐야 한다. 본 연구에서는 가정된 해석조건하에서 설계 파라미터 영역에서 만족되는 해들의 영역으로 표시되는 디자인윈도우 방법론을 소개하고자 한다. 허용되는 설계 파라미터 영역에서 만족되는 해들의 영역으로 표시되는 디자인윈도우를 얻는 것은 매우 중요하다. 허용가능한 설계 영역을 얻기 위한 몇가지 기법을 묘사하고 다층 신경망을 이용하여 물리적인 복합현상을 고려한 다차원 디자인윈도우를 자동으로 얻을 수 있다.

### 1. 서론

일반 구조물의 설계는 최적화시키기 위해 충분한 강도와 강성을 갖도록 반복적인 과정을 거친다. 일반적으로 중요한 기준에 대해 만족할 때까지 설계절차는 많은 시간이 소요되는 것이 사실이다[1]. 실제 구조물은 여러 복합 현상들과 관련되어 있다. 따라서 이러한 현상들을 고려하기 위해 설계되어져야 하고 평가되어져야 한다.

수치해석적인 최적화 알고리즘에 대한 연구가 진행되었음에도 불구하고 물리적인 복합 현상들을 고려한 실제구조물의 만족화 또는 최적화 설계해를 구하는 것은 많은 시행착오를 필요로 한다[2].

구조물의 설계문제에서 최적화는 보통 유한요소법과 같은 계산역학에 바탕을 둔 방법론을 사용하여 해결하였다. 그러나, 이러한 최적화된 해들은 실제 상황에서 어떤 가정된 해석 조건하에서 유도되어 진다[2]. 다시말하면, 종래의 최적화 기술은 견고한 설계를 수행하기 위해서는 해결해야할 문제가 남아있다. 이러한 관점에서 허용되는 설계 파라미터 영역에서 만족되는 해들의 영역으로 표시되는 디자인윈도우(design window)를 얻는 것은 매우 중요하다. 디자인윈도우는 하나의 만족해 또는 최적해보다 의미있는 정보를 우리에게 제공해준다. 물론 만족해를 얻기 위한 몇가지 방법들이 이미 제공

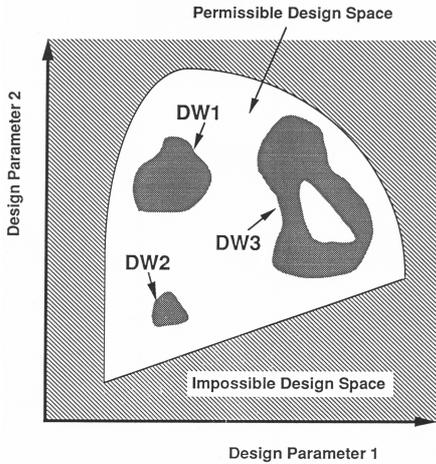
되어 있다[3]. 그러나 아직까지 디자인윈도우에 대한 연구는 그리 많지 않은 형편이다. 본 논문에서는 허용가능한 설계영역의 디자인윈도우를 얻기위해 몇가지 기술을 묘사하고자 한다. 다층 신경망(multilayer neural network)[4]을 이용하여 물리적인 복합현상을 고려한 다차원 디자인윈도우를 자동으로 얻을 수 있게 된다.

### 2. 디자인윈도우 탐색방법

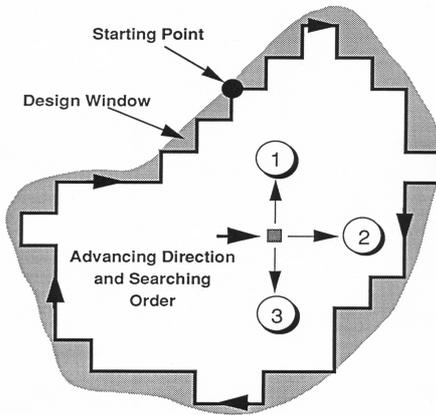
[그림 1]에 나타낸 바와 같이 실제구조물의 설계영역에서 몇개의 크고 작은 디자인윈도우가 존재할 수 있다. 이들 중에서 경우에 따라 도우넛 형상이 될 수도 있다. 일반적으로 설계공간은 '허용가능한 설계공간'과 '불가능한 설계공간'의 두 영역으로 나뉠 수 있다. 디자인윈도우는 허용가능한 설계공간안에서 탐색되어진다.

다음과 같은 3가지 방법, 즉 (a) 전영역 탐색법(WSM), (b) 경계팽창법(BSM), 그리고 (c) 경계추적법(BTM) 등을 고려할 수 있다. 여기서 WSM은 다른 두방법과는 달리 초기 만족해를 알 필요가 없다. 예를 들어, BTM은 하나의 만족해를 찾은 다음 디자인윈도우의 경계를 탐색하기 시작한다. 이 알고리즘은 [그림 2]에 도식적으로 나타내었다. 반면에 WSM은 여러가지 초기 설계값으로부터 하나하나 시작하여 만족결과

를 계산한다. 이러한 3가지 방법들에 대한 주요특징을 [표 1]에 나타내었다.



[그림 1] Schematic view of design window in 2D design space

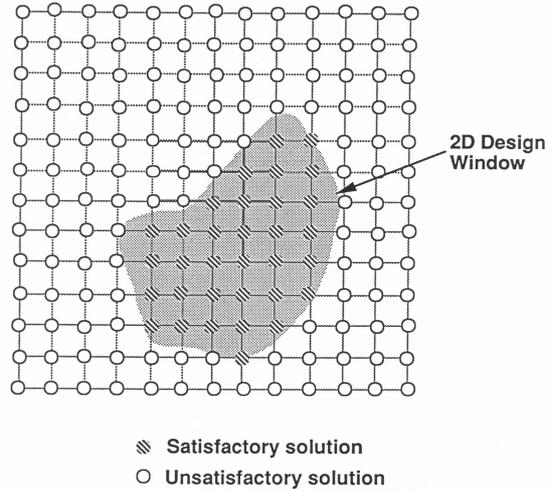


[그림 2] Boundary tracing method for design window

[표 1] Main features of methods of searching design window

	In the case that an initial satisfactory solution is unknown	In the case that an initial satisfactory solution is known	
Method	Whole-area Search Method (WSM)	Boundary Swelling Method (BSM)	Boundary Tracing Method (BTM)
Dimension of design window	≥ 2	≥ 2	2
Searching of doughnut-shaped design	Possible	Possible	Impossible
Searching of plural design	Possible	Sometimes possible	Impossible
Number of searched points	Too large	Large	Small

본 연구에서는 복수의 다차원 디자인윈도우를 탐색할 수 있는 방법인 WSM을 사용하려고 한다. 이 알고리즘은 [그림 3]에서 알 수 있는 바와 같이 디자인윈도우의 내부 또는 외부의 모든 격자점에서 하나 하나 검사한다. WSM이 가장 유용하게 사용할 수 있는 반면에 조사해야 할 격자점의 수가 과도하게 많아질 수 있다는 것이다.



[그림 3] Whole area search method of design window

### 3. 신경망

실제적인 설계문제를 탐색하는 방법을 적용하기 위해서 방법의 본질적인 문제를 해결해야 한다. 이를 위해 뉴우랄네트 워크를 이용하고자 한다. 다층신경망은 유한요소해석자로 사용되고, 묘사되는 신경망을 사용하여 자동화된 디자인윈도우 탐색법을 활용하고자 한다. [그림 4]는 여러개의 입력 슬롯과 하나의 출력슬롯으로 구성되는 신경망을 나타낸 것이다. 입력과 출력데이터의 관계는 다음 식으로 표현될 수 있다

$$O_j = f(U_j) = 1 / (1 + \exp(-2U_j)) / U_0 \quad (1)$$

$$U_j = \sum_{i=1}^l W_{ji} I_i - \theta_j \quad (2)$$

여기에서

$O_j$  : real value output of the j-th unit

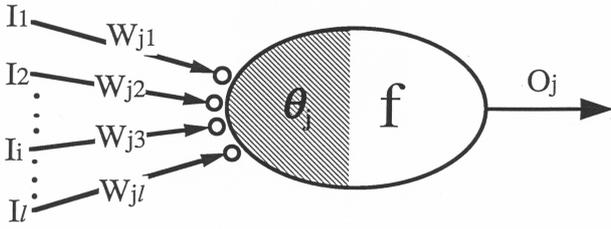
$U_j$  : total input to the j-th unit

$f(\ )$  : the sigmoid function

$W_{ji}$  : connection weight between the i-th and j-th units

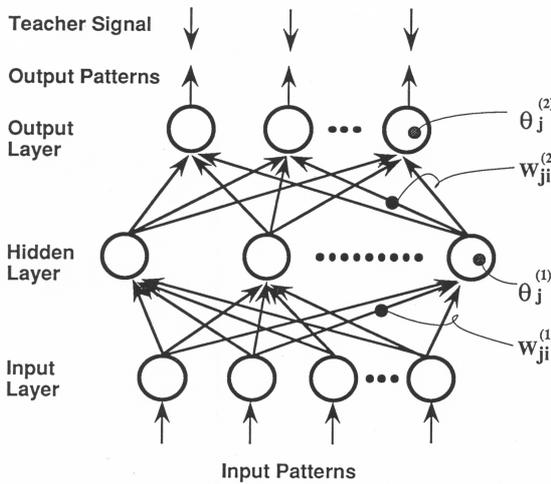
$I_i$  : input from the i-th to the j-th units

$\theta_j$  : bias value of the j-th unit



[그림 4] Schematic view of neuron unit

몇가지 제안된 네트워크 구성과 훈련알고리즘 가운데, 역전파 학습알고리즘(back-propagation network algorithm)이 가장 많이 사용되어진다[5]. [그림 5]는 일반적인 3층(입력층, 중간층, 출력층) 네트워크를 나타낸 것이다.



[그림 5] Three layer neural network

학습알고리즘의 주요특성 중의 하나는 감독되거나 감독되지 못하는 스타일이 발생할 수 있다는 것이다. 감독되는 학습은 학습된 어떤 네트워크 안에서 출력도 나타날 수 있다는 것이다. 본 연구에서는 신경망을 훈련시키는 방법으로 감독되어지는 학습 알고리즘을 사용하였으며, 이때 학습에러(E)는 다음 식으로 정의할 수 있다.

$$E = \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} (T_{pk} - O_{pk})^2 \quad (3)$$

여기서,

$T_p$  : teacher signal to the k-th unit

$O_p$  : output signal from the k-th

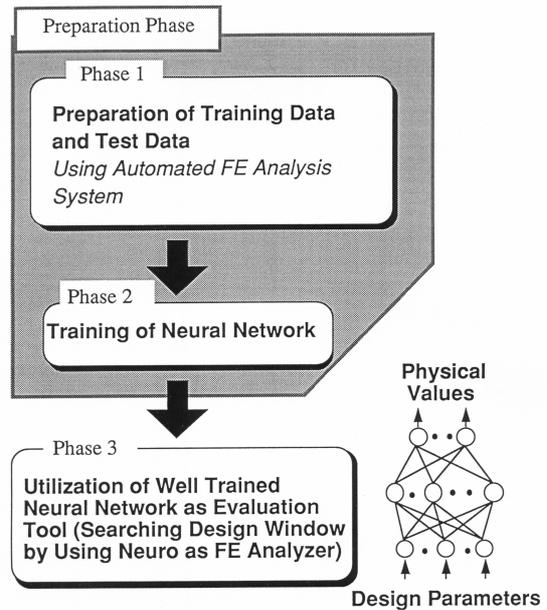
$n$  : number of output units

또한, 역전파학습 알고리즘과 학습과정에서 안정적인 수렴을 위해 모멘텀방법을 결합하였다. 이러한 반복적인 학습과정을 통해 네트워크는 출력능력을 향상시킬 수 있다.

#### 4. 신경망을 이용한 디자인윈도우의 탐색

디자인윈도우의 탐색에 있어서 탐색점이 만족해에 해당되던 안되던 유한요소해석과 같은 계산 기하학적 시뮬레이션을 통해 체크되어진다. 그러나, 모든 탐색점에서의 상세한 계산은 매우 시간이 많이 소요된다. 따라서 탐색방법의 도움을 받아 신경망이 이용되는 것이다.

[그림 6]에 나타냈듯이, 사용된 방법은 세 단계로 구성되어진다. 첫번째는 유한요소해석 시스템으로, 신경망에 사용될 학습데이터를 준비하기 위한 여러가지 유한요소해석이 수행되어진다. 이 데이터들은 설계파라미터와 계산된 물리학적 값들로 예상되는 데이터세트이다. 두번째는 역전파신경망이 이전단계에서 준비된 학습 데이터세트를 이용하여 훈련되어진다. 이러한 충분한 훈련 반복수를 바탕으로 네트워크는 유한요소해석의 반응값들을 기대할 수 있게 된다. 다시 말하면 잘 훈련된 네트워크는 미지의 설계파라미터 값들에 대한 적절한 물리량들을 제공할 수 있게 된다. 마지막 단계에서는 다차원 디자인윈도우가 훈련된 네트워크를 이용하여 바로 탐색하게 되는 것이다.



[그림 6] Procedure of design window search using neural network

#### 5. 결론

자동화된 디자인윈도우의 탐색법 적용에 대해 제안한 것으로, 본 연구에서는 다층형 신경망 적용의 이러한 기술적 방법은 디자인윈도우의 탐색을 빠르게 효율적으로 적용할 수 있을 것이다. 특히 유한요소해석 시스템과 WSM을 결합하여

다차원 디자인윈도우는 단시간내에 탐색되어지며, 추후 이에 대한 해석결과를 제공하고자 한다.

#### 후기

본 연구는 한국산업기술평가관리원 전자부품산업기술개발 시장선도형차세대 센서사업(과제번호: 20016075)의 일환으로 수행하였음

#### 참고문헌

- [1] Y. Mochizuki, Study on Automated Structural Design, Doctoral Dissertation, Faculty of Engineering, The University of Tokyo (1995)
- [2] J. S. Lee, Automated CAE System for Three- Dimensional Complex Geometry, Doctoral Dissertation, Faculty of Engineering, The University of Tokyo (1995)
- [3] Y. Mochizuki, S. Yoshimura and G. Yagawa, Automated System for Structural Design Using DW Search Approach, Integrated Computer-Aided Engineering, Vol.52, 2000.
- [4] S.,Y. Kung, Digital Neural Networks, PTR Prentice Hall, 1993.
- [5] D. E. Rumelhart, G. E. Hinton and G.E. Williams, "Learning Prepresentation by Back-propagation Errors," pp. 533-536, 1994.