

# Micro GA를 이용한 구조물 모델 updating

## Structure Model Updating using Micro GA

정 상 정\* · 최 중 헌\* · 정 민 중\*\* · 고 봉 환†

Sang-Jeong Jeong, Jong-Hun Choi, Min-Joong Jeong and Bong-Hwan Koh

### 1. 서론

본 연구에서는 유한요소모델 개선기법을 MGA(Micro Genetic Algorithm)와 같은 최적화 알고리즘과 연계하여 트러스 구조물에 가상으로 발생한 강성 결함의 위치와 크기를 찾아내는 시뮬레이션 연구를 수행하였다.

### 2. 마이크로 유전알고리즘

마이크로 유전알고리즘(MGA)은 일반적인 유전알고리즘(Simple Genetic Algorithm)에서 발전한 전역 최적화 알고리즘의 일종이며, 작은 개체 수를 특징으로 하고 있다. 일반적으로 유전알고리즘은 전역 최적해를 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 많은 개체들이 여러 세대를 거쳐 진화하는 동안 막대한 적합도 함수 계산(fitness function evaluation)이 소요되는 결점이 있다. 이러한 결점을 보완하기 위하여 MGA에서는 SGA에 비하여 상대적으로 적은 개체와 유전 연산자(genetic operator)를 사용하여 연속적인 진화 수행을 통하여 최적해를 찾아낸다. 본 연구에서 사용된 MGA의 구조를 Fig. 1에 나타내었다.

본 연구에서 MGA의 초기 개체는 5개로 설정하였으며, 적합도 함수에 따른 선택은 임의개수의 개체 중에서 최고의 적합도를 갖는 개체를 선발하는 방식(tournament selection)을 사용하였다. 이렇게 선발된 개체들을 이용하여 균일 교배연산(uniform crossover)을 수행하여 새로운 개체를 생성하였다. 새롭게 생성된 개체들의 유사성을 검토하여 5%의 오차범위 내로 수렴하였다고 판단되며 최적의 적합도를 보이는 1개의 개체는 새로운 세대를 시작하기 위한 초기 개체군에 포함(elitism)시킨다. 최적의 적합도를 보이는 한 개의 개체와 임의로 생성된 나머지 개체들을 이용하여 다음 세대의 과정을 수행하고, 설

정된 최대 세대 수(maximum generation) N에 도달하면 MGA를 종료하도록 하였다. 본 연구에서는 상용 설계 소프트웨어인 PIANO를 사용하여 MGA를 수행하였다.

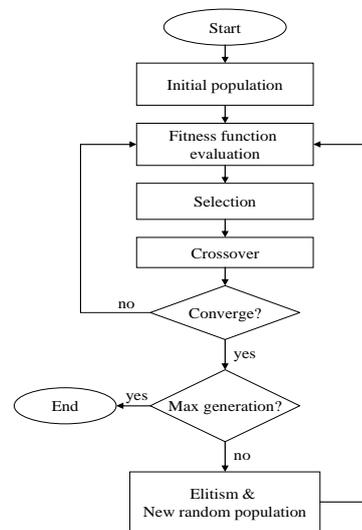


Fig. 1 Flow chart of MGA

### 3. 유한요소모델 개선기법

일반적으로 결함탐지 문제는 정식화(formulation)과정에서 유한요소해석으로 구한 고유진동수와 진동 실험을 통해 얻어진 실제 구조물의 고유진동수간의 차이를 최소화하는 것으로 정의될 수 있다.

$$J = W_{\omega} J_{\omega} \quad (1)$$

$$J_{\omega} = \sum_{t=1}^n \left( \frac{\omega_t^m - \omega_t^a}{\omega_t^m} \right)^2 \quad (2)$$

여기서  $J_{\omega}$ 는 고유 진동수와 관련된 목적함수가 된다.  $W_{\omega}$ 는  $J_{\omega}$ 의 가중치 상수이며 다수의 고유 모드가 사용될 때 정보의 가중치를 효율적으로 적용하기 위하여 사용된다. 여기서는  $W_{\omega} = 1$ 을 선택하였다. 식 (2)에서  $n$ 은 목적 함수에 사용된 고유진동수의 개수를 나타낸다.  $\omega_t^m$ 는 실험 데이터 또는 기준 데이터(baseline data)를 말하며  $\omega_t^a$ 는 모델 개선으로 얻어진 데이터를 말한다.

† 교신저자: 동국대학교 기계로봇에너지공학과  
E-mail : bkoh@dongguk.edu  
Tel : (02) 2260-8591, Fax : (02) 2263-9379  
\* 동국대학교 기계로봇에너지공학과 대학원  
\*\* 한국과학기술정보연구원 e-Science 응용연구팀

#### 4. 해석모델 및 결과

앞에서 언급한 결함탐지 문제를 해결하기 위하여 Fig. 2, 3과 같이 34개의 bar 요소로 구성된 트러스 모델과 20개의 beam 요소로 구성된 외팔보 모델을 선정하였다.

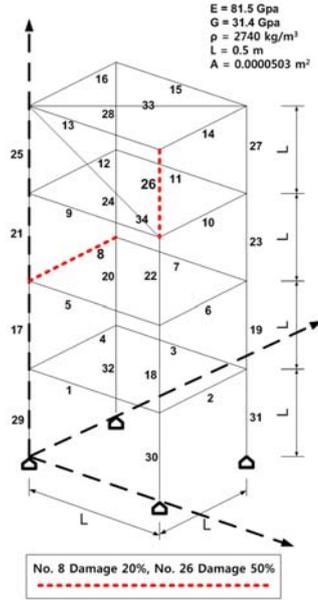


Fig. 2 3-D Truss structure model (dual damages)

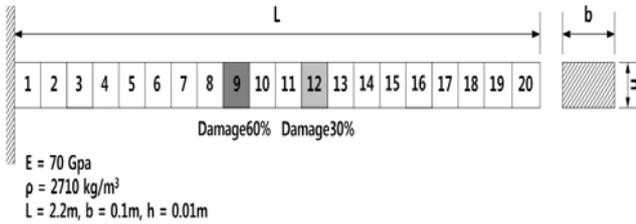


Fig. 3 Cantilever beam (dual damages)

본 연구에서는 구조물에 발생하는 결함을 강성요소 (stiffness element)의 변화와 동등하다고 가정하여 강성의 변화를 설계변수로 선정하였다. 트러스 모델을 구성하는 요소 중 두 곳(Fig. 2 점선부분)과 외팔보 모델의 요소 중 두 곳(Fig. 3 색상부분)에 서로 다른 크기의 결함이 발생하였다는 가상의 상황을 설정하고, 최초 10개의 고유진동수를 목적함수의 변수로 하여 SGA, MGA와 같은 최적화 알고리즘과 연동된 반복적 모델개선 해석을 수행하였다. 그 결과 Fig. 4, 5와 같이 모델개선을 통하여 구해진 최적해 또는 결함의 위치와 크기를 기준 데이터와 비교하여 도출하였으며, 각 세대별 목적함수의 최적화 과정을 Fig. 6에 표현하였다.

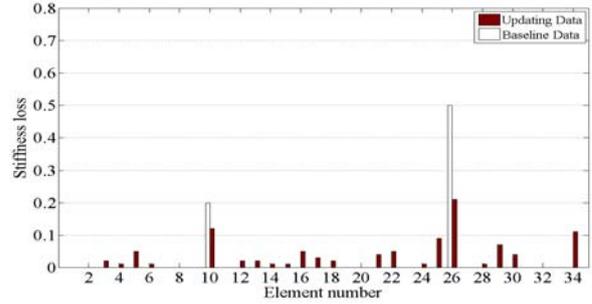


Fig. 4 SGA Stiffness loss (truss, dual damages)

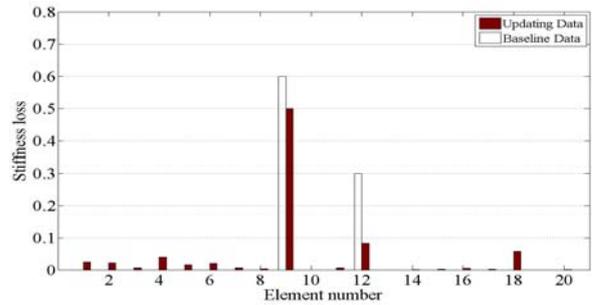


Fig. 5 SGA Stiffness loss (beam, dual damages)

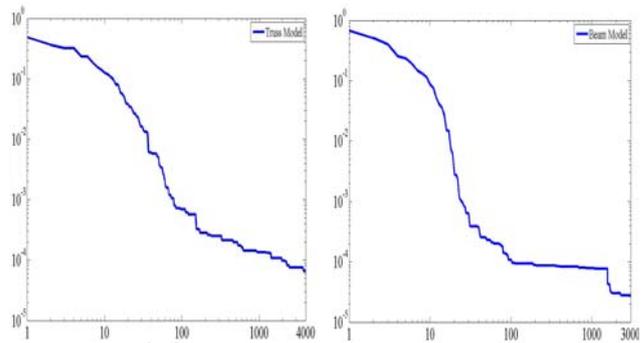


Fig. 6 Generation history

#### 5. 결론

탐색 성능이 뛰어난 것으로 알려진 MGA를 유한요소 모델개선 기법에 적용하여 트러스와 외팔보에 임의로 발생한 강성결함의 위치와 크기를 찾아내는 해석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 MGA의 성능이 SGA보다 비교적 우수한 것으로 나타났고, 실제 결함탐지 문제에서도 유사한 해석 결과가 기대된다.

#### 후기

이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-331-D00024).