

향상된 유전알고리즘을 이용한 회전체 최적설계 Optimization of Rotating System Using Enhanced Genetic Algorithm

김영찬 · 양보석 · 최병근
Y.C.Kim, B.S.Yang and B.G.Choi

1. 서론

현대의 회전체 기기는 다양한 고객의 요구 조건을 만족시키기 위해 설계 단계에서 다양한 설계 변수들에 대한 평가를 필요하게 된다. 설계 단계에서 고려되어야 하는 많은 변수들에 대한 적절한 선정은 최종 결과물에 지대한 영향을 미치게 되며, 적절치 못한 설계요소를 수정하는데 적지 않은 비용을 지불해야만 하는 경우가 대부분이다.

기존의 산업현장에서는 일반적으로 전통적인 기술기 탐색법에 의한 시행착오를 통하여 그 변수 값을 정하여 왔다. 그러나 비록 그 요구조건을 만족하였다고 하여도 최선의 결과인지는 여전히 확신이 없었으며, 추가적인 해답에 대한 요구를 만족시킬 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 탐색 위치와 무관하게 전역해 탐색이 가능한 향상된 유전 알고리즘을 제안하며, 실 회전체 모델에 적용한 결과를 나타내었다.

2. 향상된 유전알고리즘

2.1 광역탐색 이론

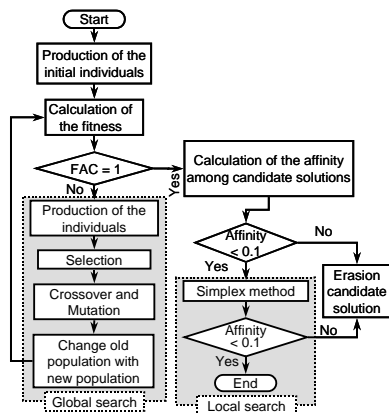


Fig. 1 Flow chart of enhanced genetic algorithm

Fig. 1은 제안된 탐색 알고리즘의 Flow Chart 이다. 제안된 알고리즘은 초기 광역탐색을 통한 후보해 집단을 생성한다.

$$FAC = \frac{|f_{i-1}^T f_i|^2}{(f_{i-1}^T f_{i-1})(f_i^T f_i)} \quad (1)$$

후보해 집단 생성을 위한 해의 수렴성은 식 (1)에 의해 평가된다. 여기서 첨자 i 는 세대수를 f 는 집단의 함수 값을 나타낸다.

2.2 국부집중 탐색

$$AEF_{ij} = \frac{\sum_i^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (x_i - x_j)}{Norm(x)} \quad (2)$$

$$ac_{i,j} = \begin{cases} 1: AEF_{i,j} \leq T_a \text{ or } i \geq j \\ 0: \text{otherwise} \end{cases}$$

2.1절에 의해 구성된 초기 유사영역에 속한 해들이 얻어진다. 이들 해들의 유사성을 평가하여 재 집단화함으로써 탐색 수 및 범위를 줄여 탐색에 대한 비용을 최소화 한다. 집단의 유사성 평가는 식 (2)의 유사도평가함수를 이용한다. 여기서 x 는 구성된 전체 후보집단을, T_a 는 유사도의 한계값, $ac_{i,j}$ 는 i 와 j 개체간의 상호 유사도를 나타낸다.

$$at_i = \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N ac_{i,j}}{N} \right\} \quad (3)$$

$$X_k = \begin{cases} x_i : at_i = 1 \\ \delta : \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

식 (3)과 (4)는 전역탐색에서 선택된 해후보들에 대한 인정벡터를 결정하는 식으로 여기서 at_i 는 0~1의 값을 가지며 1인 경우 새로운 해의 후보집단 X 를 구성한다. 최종적으로 구성된 후보해 집단들에 대한 최종 탐색의 수행을 통해 전역해를 탐색할 수 있다.

3. 수치예제

3.1 다봉성 함수

$$f(x_1, x_2) = (\cos 2\pi x_1 + \cos 2.5\pi x_1 - 2.1) \times (2.1 - \cos 3\pi x_2 - \cos 3.5\pi x_2) \quad (-1.0 \leq x_1, x_2 \leq 1.0) \quad (5)$$

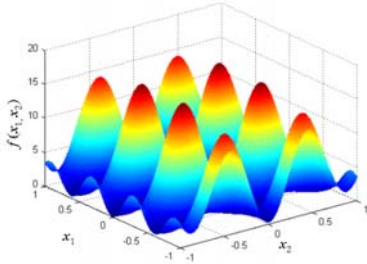


Fig. 2 Trial objection function

식 (5)는 Fig. 2와 같이 해공간내에 4개의 전역해(16.091720)와 4개의 국부해(14.333085)를 갖는 함수이다. Table 1은 3가지 탐색방법을 이용한 결과를 나타낸다. 결과에서 알 수 있는 것과 같이 제안된 향상된 유전알리듬의 결과가 보다 정도 있으며 동시에 탐색시간도 작게 소요되었다.

Table 1 Comparison of results

	EGA	IGA	Hill-climbing
$f(x_1, x_2)$	16.091720 16.091720 16.091720 16.091720	16.091713 16.091713 16.091051 16.091051	3.960509
No of generation	312	10,000	N/A
Time(s)	120.07	342.31	0.48

3.2 회전체 시스템

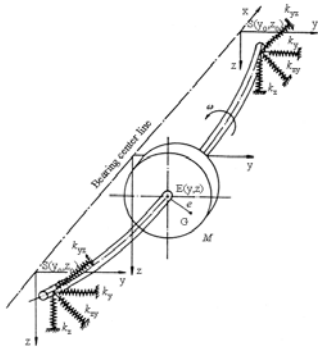


Fig 3. Simple rotor supported by journal bearings.

Fig. 3 과 같이 2 개의 베어링으로 지지되는 회전체 시스템에 적용, 베어링 최적설계를 통한 시스템 공진 배율(quality factor)의 최소를 수행하였다. 구성된 목적 함수는 식 (6)와 같다.

$$\mathbf{x}^T = \{C, L/D, \mu\} \quad (6)$$

여기서 C 는 베어링 틈새, L/D 는 직경비, μ 는 윤활유 점도이다.

Table 3 Design parameters after optimization

Design parameter	Optimum	Original
Clearance, C (μm)	191.26	250
Length to diameter ratio, L/D	0.382	0.325
Lubricant viscosity, μ (Pa-s)	0.010	0.010

Table 4 Comparisons of Q-factor

Direction	Magnification factor		Remark
	Optimum	Original	
Horizontal (y)	2.97	3.64	18.4% ↓
Vertical (z)	3.36	4.19	19.8% ↓

Table 3은 탐색 전후의 변수 값을 나타내며, Table 4는 각 변수의 공진배율 값이다. 결과적으로 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 또한 Fig. 4에서와 같이 전역해가 탐색된 것임 알 수 있다.

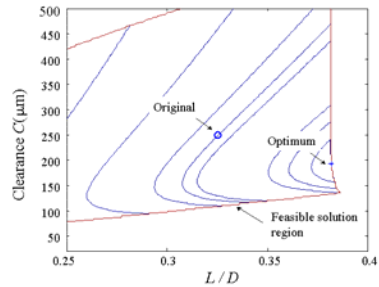


Fig. 4 Contour line of feasible and infeasible region

4. 결론

기존의 유전알고리즘을 전역탐색과 국부탐색으로 이원화하여 해의 정도 향상, 탐색 시간 감소 및 필요한 경우 추가적인 해의 후보(국부해)를 탐색할 수 있는 탐색의 유연성을 높였다. 이는 실 현장에서 보다 폭넓은 선택을 제공할 수 있다. 최종적으로 향상된 유전알고리즘을 수치 예제와 베어링으로 지지되는 회전체 시스템에 적용하여 그 탐색 결과를 비교 검토하였다.