응용논문

최적화의 효율향상을 위한 유전해법과 직접탐색법의 혼용에 관한 연구

이동곤* · 김수영** · 이창억***

A Study on Hybrid Approach for Improvement of Optimization Efficiency using a Genetic Algorithm and a Local Minimization Algorithm

Dongkon Lee · S.Y. Kim · C.U. Lee

〈Abstract〉

Optimization in the engineering design is to select the best of many possible design alternatives in a complex design space. One major problem of local minimization alorithm is that they often result in local optima. In this paper, a hybrid method was developed by coupling the genetic algorithm and a traditional direct search method. The proposed method first finds a region for possible global optimum using the genetic algorithm and then searchs for a global optimum using the direct search method. To evaluate the performance of the hybrid method, it was applied to three test problems and a problem of designing corrugate bulkhead of a ship.

1. 서 론

공학설계에 있어서 최적해를 얻기 위한 방법중의 하나로 최적화방법이 많이 사용되어 왔다. 최적해를 효과적으로 얻기 위한 여러가지 노력이 있어 왔으나, 아직까지 모든 문제에 효과적으로 적용할 수 있는 알고리즘은 개발되지 않고 있다[1]. 일반적으로 사용되는 최적화기법들은 각각의 장단점이 있겠지만, 기존의 최적화기법들을 사용하는데 있어서 가장 큰 문제점으로는 얻어진 최적점이 국부적인 최적점 (Local Optimum)일 가능성이 많다는 것이다. 따라서 설계자는 설계변수의 출발점, 탐색폭 및 종료조건 등을 바꾸어 가면서 최적화를 수행한 후, 이들 값들을 비교하여 최적점을 검증하는 과정을 거쳐야만 하였다.

본 논문에서는 이러한 불편함을 없애고 탐색의 효율을 높이기 위하여, 최근 활발한 연구가 수행되고 있는 유전해법과 기존 최적화방법인 직접탐색법을 결합한 혼합형 최적화방법을 구현하였다. 혼합형 최적화방법의 구현 요소로 사용된 유전해법과 Hooke-Jeeves의 직접탐색법을 간단히 살펴보았고, 유전해법과 Hooke-Jeeves의 혼용 방법에 관하여 기술하였다. 구현된 혼합형 최적화방법의 유용성 검증을 위하여, 3개의 수치적 예제와 선박의 파형격벽 설계에 유전해법, 직접탐색법 및 혼합형 최적화방법을 각각 적용하여 그 결

* 한국기계연구원 선박해양공학연구센터
** 부산대학교
*** 울산전문대학

과를 비교, 고찰하였다.

2. 유전해법과 직접탐색법

유전해법은 자연진화의 법칙인 적자생존과 자연도태의 원리를 토대로하여 정립된 최적화 알고리즘이다[2]. 유전해법은 설계영역에 다수의 설계점을 분포시켜 목적함수 값에 따라 각 설계점에 적합성(Fitness)을 부여한다. 적합성이 클수록 다음 단계인 교배와 돌연변이의 과정에 참여할 확율을 크게하여, 적합성이 좋은 설계점은 자신과 비슷한 형질을 가진 설계점을 다음 세대에서 보다 많이 형성되게 한다. 이러한 과정을 반복하면 전체 설계점들은 목적함수 값이 좋은 방향으로 탐색이 진행된다. 유전해법은 기존의 최적화 방법과 비교하여 다음과 같은 특징이 있다[3,4,5,6].

1) 설계변수를 Code로 표현 : 설계변수를 실제값을 사용하는 대신 Code 형태의 문자열을 사용한다. 문자열 형태의 설계변수의 사용은 염색체에 유전인자가 나열해 있는 것과 같은 형태를 지니고 있어, 교배와 돌연변이의 변환과정을 수행하기가 매우 단순하고 편리하다. 또한 이러한 문자열은 이산적인 성질을 지니고 있어 정수 또는 이산적 설계변수를 포함하는 혼합형 최적화 문제에 효과적으로 사용할 수 있다.

2) 다수의 설계점들이 동시에 탐색 : 여러개의 설계점들이 집단을 이루어 동시에 탐색을 행하여 보다 넓은 설계영역에 대한 정보를 활용함으로써, 전체최적점에 도달할 확률이 기존의 방법에 비하여 상대적으로 매우 크다.

3) 직접탐색 : 목적함수의 값만을 사용하고 미분값이나 그 외의 다른 정보를 필요로 하지 않으므로 실제 공학설계와 같은 복잡하고 다양한 환경의 최적화 문제에 적합하며, 기본 모델의 수정이 용이하다.

유전해법은 이상과 같은 장점이 있는 반면에, 계산시간이 많이 소요되고 설계변수가 실수형일 경우에는 전체최적점까지는 잘 수렴하지만 정확한 최적점을 잘 찾지 못하는 한계가 있다[7,8].

직접탐색법(Direct Search Method)은 사용자가 입력한 출발점, 탐색폭 및 종료조건을 근간으로 설계공간의 임의 설계점을 탐색 알고리즘으로 탐색하여, 탐색된 설계점들에서의 목적함수 값을 비교하여 보다 나은 방향으로 탐색을 진행하는 방법이다. 본 고에서 사용한 알고리즘은 Hooke- Jeeves의 직접탐색법[9]을 이용하였다. 이 방법은 크게 부분탐사(Local Search)와 전체이동(Global Move)으로 이루어져 있다. 부분탐사는 출발점과 출발점 주위의 함수값을 평가 비교하면서 함수값이 보다 좋은 방향으로 설계점을 이동시키며, 전체이동은 부분탐사의 결과를 바탕으로 탐색 알고리즘을 이용하여 탐색 속도를 빠르게 한다. 직접탐색법은 계산시간이 많이 걸리지 않는 장점이 있으나, 출발점과 탐색폭 등의 초기조건에 따라서 국부최적점에 빠질 가능성이 높은 단점이 있다.

3. 혼합형 최적화방법 구현

일반적으로 기존의 최적화기법들은 빠른 시간내에 최적화가 이루어지나, 얻어진 최적점이 국부적인 최적점일 가능성이 있으므로, 입력 데이타를 바꾸어 가면서 여러번 계산을 하여야하는 번거러움이 있다. 반면에 유전해법은 설계공간내의 여러점들을 동시에 탐색하므로 국부적인 최적점에 빠질 가능성은 적으나, 탐색점의 증가로 인하여 계산시간이 급격히 증가하고 문제의 특성에 따라 최적점 근처에서 최적점을 정확하게 찾아내지 못하는 단점이 있다. 따라서 국부적인 최적점에 빠질 가능성이 적은 유전해법과 국부탐색에 효율적인 직접탐색법을 연결하여 사용하면, 탐색시간을 줄이고 전체적인 최적점을 보다 효율적으로 얻을 수 있다. 이 같은 개념으로 Fijita-Akagi-Hirokawa[10]가 유전해법과 Quasi-Newton Method를 결합한 방법을 개발하여 Nesting 문제에 적용하였다. 이들은, 유전해법에서 돌연변이가 끝날때마다 모든 개체에 대하여 Quasi-Newton Method를 적용하는 방법을 사용하였다. 이것은 유용한 방법이지만, 집단의 크기(Population)와 세대수(Generation) 만큼 Quasi-Newton Method가 수행되어야 하므로 계산시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

본 고에서 개발한 혼합형 최적화방법은 먼저, 유전해법을 이용하여 최적화를 수행하여 최적점을 구한다.

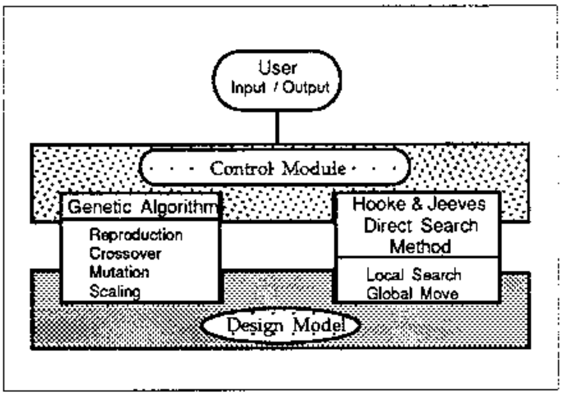
유전해법으로 얻은 최적점은 유전해법의 특성상 전체 최적점의 영역부근에 위치할 가능성이 높은 점이다. 유전해법에서 계산의 종료조건은 세대가 반복되어가는 도중에 최적점의 값이 10회 이상 변화하지 않으면 계산을 종료하고, 그렇지 않으면 사용자가 입력한 세대 수 만큼 계산을 수행한다. 유전해법을 이용하여 얻어진 최적점을 Hooke-Jeeves Method의 입력 데이타 즉, 출발점으로 사용하여 최적화를 다시 수행한다. 이와 같이 유전해법은 국부적인 최적점에 빠질 가능성을 줄이고, 직접탐색법은 유전해법의 결과를 이용하여 상대적으로 좁은 영역에서만 탐색을 하게 하므로서 전체최적점을 찾는 효율이 좋아진다. 또한 유전해법이 적용된 뒤에 직접탐색법이 적용되기 때문에 유전해법이 실수형의 문제에서 정확한 최적점을 잘 찾지 못하는 단점이 해결되며, 직접탐색법이 한번만 적용되기 때문에 유전해법의 전체 탐색점 만큼 직접탐색법을 적용하는 Fijita-Akagi-Hirokawa의 방법보다 계산 시간이 줄어 드는 장점이 있다.

유전해법과 직접탐색법은 모두 제한조건이 없는 최적화문제에만 적용할 수 있는 방법이다. 따라서, 이 방법들을 제한조건이 있는 최적화문제에 적용하기 위하여 External Penalty Function Method를 사용하였다. 〈그림 1〉에 혼합형 최적화방법의 구성도를 나타내었다. 〈그림 1〉에서와 같이 유전해법과 Hooke-Jeeves Method가 설계모델을 공유하면서, 제어모듈(Control Module)을 통하여 정보를 교환한다. 제어모듈은 유전해법으로 최적화가 진행되는 동안에 계산종료 조건을 만족하는 지를 검토하고, 유전해법으로 얻어진 결과를 Hooke-Jeeves Method의 입력자료로 넘겨주는 역할을 한다.

4. 수치분석 및 사례연구

4.1 수치분석

구현된 혼합형 최적화방법의 효용성을 검증하기 위하여 3개의 수치적 예제와 선박의 파형격벽 설계에 적용하였으며, 그 결과를 살펴보았다.



〈그림 1〉 System Configuration of the Developed Hybrid Optimization Method

Problem 1 : 설계변수가 1개이고 제한조건이 없는 문제

Mimimize $f = 3x^4 - 8x^3 - 6x^2 + 24x + 9$
Find x

설계변수가 1개이고 제한조건이 없으며 2개의 국부최소점이 존재하는 간단한 문제이다. 〈표 1〉에 유전해법만을 적용한 경우, 직접탐색법만을 적용한 경우 및 혼합형 최적화방법을 적용한 경우에 대한 결과를 나타내었다.

집단수 100개 * 세대수 30회인 경우와 집단수 200개 * 세대수 15회인 경우에 대하여 유전해법을 적용한 결과, 얻어진 함수값이 각각 -9.86과 -9.99로써 전자의 경우는 최적점(함수값 -10) 부근까지는 접근하였으나 정확한 최적점을 찾지 못하였고, 후자의 경우는 거의 최적값에 도달했다. 계산시간은 직접탐색법에 비하여 많이 소요되었다. 유전해법에서 전체 계산점의 갯수는 집단의 크기와 세대수의 곱으로 표현되는데, 전체 계산점의 수가 같을 경우에는 후자의 경우와 같이 집단 수를 증가시키는 것이 효율적으로 나타났다.

직접탐색법만을 적용한 경우에는 유전해법에 비하여 계산시간은 적게 소요되었으나 출발점과 탐색폭에 따라 정확한 최적점을 찾기도 하였고, 국부 최소점(함수값 17)에 빠지는 경우도 발생하였다.

유전해법의 입력 데이타로서 집단수 200개 * 세대

수 5회로 하여 혼합형 최적화방법을 적용한 경우에는 최적점을 정확하게 찾을 수 있었고, 계산시간은 직접탐색법에 비하여 증가하였으나 유전해법보다는 적게 소요되었다.

〈표 1〉 Calculation Results of Problem 1

		Genetic Algorithm		Hooke & Jeeves Direct Search Method		Hybrid Method
$F(x)$		-9.86	-9.99	17.0	-10.0	-10.0
x		-0.937	-0.998	2.0	-1.0	-1.0
time		1.5	1.4	0.07	0.04	0.764
input	A	100	200			200
	B	30	15			5
	C			1.5	50.	
	D			0.1	0.1	0.1
$fopt$ = -10. $xopt$ = -1.0		crossover rate = 0.4, mutation rate = 0.1 A = no. of populations B = no. of generations C = starting points D = step size, time = sec.				

Problem 2 : 설계변수가 2개이고 제한조건이 4개인 문제[11]

$$\text{Mimimize } f = (1+(x_1+x_2+1)^2(19-14x_1+3x_1^2+14x_2+6x_1x_2+3x_2^2))(30+(2x_1-3x_2)^2(18-32x_1+12x_1^2+48x_2-36x_1x_2+27x_2^2))$$

Find x_1, x_2

Subject to : $-2.0 \leqq x_1$

$-2.0 \leqq x_2$

$x_1 \leqq 2.0$

$x_2 \leqq 2.0$

설계변수가 2개이고 제한조건이 4개이며 4개의 국부 최소점이 존재하는 문제로서 〈표 2〉에 그 결과를 나타내었다.

집단수 200개 * 세대수 20회로 하여 유전해법을 적용한 경우에는 국부 최소점에 빠지지는 않았으나, 최적점(함수값 3.0)을 찾지 못하고 최적점이 존재하는 부근(함수값 3.52)에서 계산이 종료되었다. 따라서 최적점을 찾기위한 시도로서 집단수는 200회로 유지하면서 세대 수를 20번에서 30번으로 증가시킨 결과 〈표 2〉의 결과와 같이 최적점을 찾았다.

두가지의 출발점에 대하여 직접탐색법을 적용한 결과, 함수값이 각각 840과 30으로 두 경우 모두 국부최소점에 빠져 전체 최적점을 찾지 못하였다.

유전해법의 입력 데이타로서 집단수 100개 * 세대수 10회로 하여 혼합형 최적화방법을 적용한 경우에는, 거의 최적점에 가까운 점(함수값 2.99)을 찾을 수 있었고, 계산시간은 직접탐색법에 비하여는 약 10배 정도 증가하였으나 유전해법보다는 약 100배 정도 적게 소요되었다.

〈표 1〉 Calculation Results of Problem 2

		Genetic Algorithm		Hooke & Jeeves Direct Search Method		Hybrid Method
$F(x)$		3.52	3.0	840.	30.	2.99
x_1		-0.01	0.00	1.19	-0.60	0.00
x_2		-0.97	-1.00	7.99	-3.99	-1.00
time		3.9	5.8	0.03	0.03	0.32
input	A	200	200			100
	B	20	30			10
	C			0.5,0.5	-0.5,-0.5	
	D			0.3	0.3	0.3
$fopt$ = -3.0. $xopt$ = 0., -1.		crossover rate = 0.4, mutation rate = 0.1 A = no. of populations B = no. of generations C = starting points D = step size, time = sec.				

Problem 3 : 설계변수가 4개이고 제한조건이 10개인 문제[12]

$$\text{Mimimize } f = x_1 - x_2 - x_3 - x_1x_3 + x_1x_4 + x_2x_3 - x_2x_4$$

Find x_1, x_2, x_3 , x_4

Subject to : $0 \langle= 8 - x_1 - 2x_2$

$0 \leqq 12 - 4x_1 - x_2$

$0 \leqq 12 - 3x_1 - 4x_2$

$0 \leqq 8 - 2x_3 - x_4$

$$0 \leq 8 - x_3 - 2x_4$$
$$0 \leq 5 - x_3 - x_4$$
$$0 \leq x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4$$

설계변수가 4개이고 제한조건이 10개이며 다수의 국부 최소점이 존재하는 문제로서 〈표 3〉에 그 결과를 나타내었다.

집단수 100개 * 세대수 30회인 경우와 집단수 200개 * 세대수 15회인 경우에 대하여 유전해법을 적용한 결과, 얻어진 함수값이 각각 -8.2와 -13.2로써 두 경우 모두 최적점(함수값 -15)을 찾지 못하였다. 이 문제의 경우에도 문제 1의 경우와 같이 전체 계산점의 수가 같을 경우에는 집단 수를 증가시키는 것이 상대적으로 최적점에 근접하는 결과를 얻었다.

직접탐색법만을 적용한 경우에는 출발점에 따라 결과에 큰 영향을 받았는데, 〈표 3〉과 같이 한번은 거의 최적점에 도달하였으나 다른 한 경우에는 국부최소점에 빠지는 현상이 발생하였다.

반면에 유전해법의 입력 데이타로서 집단수 200개 * 세대수 5회로 하여 혼합형 최적화방법을 적용한 경우에는, 거의 최적점에 도달하였다(함수값 -14.99).

〈표 3〉 Calculation Results of Problem 3

		Genetic Algorithm		Hooke & Jeeves Direct Search Method		Hybrid Method
$F(x)$		-8.20	-13.2	-14.99	-12.99	-14.99
x_1		0.03	0.10	0.00	2.99	0.00
x_2		2.39	2.81	2.99	0.00	2.99
x_3		0.03	0.10	0.00	3.99	0.00
x_4		2.49	3.92	3.99	0.00	3.99
time		3.2	3.3	0.06	0.04	1.23
input	A	100	200			200
	B	30	15			5
	C			1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 -1.0 1.0 -1.0	
	D			0.3	0.3	0.3

$fopt$ = -15.0, $xopt$ = 0.0, 3.0, 0.0, 4.0
crossover rate = 0.4, mutation rate = 0.1
A = no. of populations
B = no. of generations
C = starting points
D = step size, time = sec.

4.2 사례연구

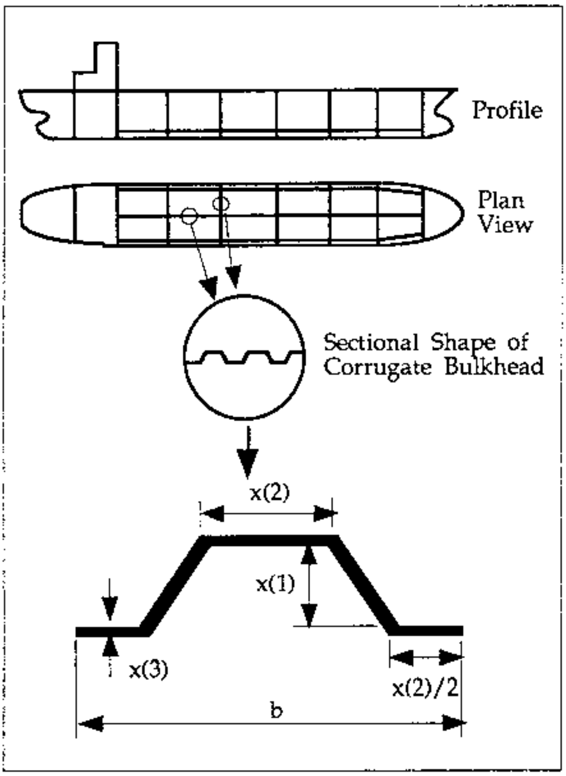
선박에 있어서 격벽(Bulkhead)은 선박의 구획을 분할하는 1차적인 기능 외에, 파에 의한 파랑외력으로부터 선체를 보호하고 화물의 중량을 지지하는 즉, 선박의 종강도와 횡강도를 유지하는 매우 중요한 구조부재이다. 격벽의 최적구조 설계를 통하여 선박의 자체중량(경하중량)을 줄이는 것은 보다 많은 화물을 적재할 수 있는 잇점 외에, 철판의 사용량을 줄이게 되어 선박의 생산비가 낮아 진다. 파형격벽(Corrugate Bulkhead)은 단면형상을 물결모양으로 만들어 기존의 평판격벽에 비하여 구조강도를 보다 높인 것으로서, 〈그림 2〉에 단면형상을 나타내었다. 설계자는 파형격벽의 설계에 있어서, 각종 강도에 대한 제한조건을 만족하면서 격벽의 단면적이 최소로 되는, 즉 중량이 최소로 되는 파형격벽의 형상치수를 결정하게 된다. 파형격벽의 최소중량 설계를 위한 설계모델을 수식화하면 다음과 같다.

Mimimize $f = (\ 2 * x(2) + 2 * a\ ) * x(3)$
Find $x(1),\ x(2),\ x(3)$
Subject to : $0 \leq x(1),\ x(2),\ x(3)$
$\quad 0.004 * b * (h * k)^{0.5} + 2.5 \leq x(3)$
$\quad Zr \leq Za$
where, $Zr = 1.025 * s * k * h * Le^2 * 0.7 / 96.8$
$\quad Za = x(1) * x(3) * (3 * x(2) + a) / 6$
$\quad s = \max\ (\ a,\ x(2)\ )$
$\quad a = (((b - 2 * x(2)) * 0.5\ )^2 + x(1)^2)^{0.5}$
given, $b = 3000,\ h = 10,\ Le = 15,\ k = 1$

제한조건에서 Zr과 Za는 단면계수로서 구조강도에 관련되는 값이다. Zr은 선박의 안전성에 관한 규정을 제정하는 기관인 선급에서 경험적으로 규정한 값으로서, 선박이 구조적으로 안전을 확보하는데 필요한 최소단면계수이고 Za는 설계하는 선박의 실제 단면계수

이다. 설계모델에서 값이 주어진 b, h, Le, k 등의 값은 선박의 크기와 화물의 종류 및 재료의 특성에 따라 정해진 값들이다.

파형격벽의 설계에 대하여 유전해법, 직접탐색법 및 혼합형 최적화방법을 적용한 결과를 <표 4>에 나타내었다. 혼합형 최적화방법을 사용한 경우가 유전해법만을 사용한 경우에 비하여 적은 세대수로 동일한 결과를 얻었다. 즉 계산시간이 줄었다. 반면에 직접탐색법만을 사용한 경우는, 계산시간은 혼합형 최적화방법을 사용한 경우에 비하여 적게 소요되었으나 얻어진 설계점의 목적함수 값은 혼합형 최적화방법을 사용한 경우에 비하여 좋지 않았다.



<그림 2> Sectional Shape of Corrugate Bulkhead and Design Variables in Ship Structural Design

4.3 결과 분석

3개의 수치적 예제와 선박의 파형격벽 설계에 유전해법, 직접탐색법 및 혼합형 최적화방법을 사용하여 얻어진 결과를 분석하면 다음과 같다. 유전해법만을 사용하였을 경우에는 정확한 최적해를 찾는 경우가 적었고 상대적으로 시간이 많이 소요되었다. 유전해법이 실수형의 최적화문제에서 정확한 최적해를 구하지 못하는 것은, Bit String으로 표현된 설계변수가 Decoding 될때 일대일 대응관계가 이루어지지 않기 때문으로 생각된다. 유전해법에서 계산횟수는 집단과 세대수의 곱으로 표현되는데, 계산횟수가 같을 경우에는 세대 수를 증가시키는 것보다는 집단 수를 증가시키는 것이 보다 효율적이었다.

<표 4> Results of Corrugate Bulkhead Optimum Design

		Genetic Algorithm	Hooke & Jeeves Direct Search Method	Hybrid Method
$F(x)$		1,039	1,049	1,039
$x(1)$		1,176	1,256	1,176
$x(2)$		1,194	1,200	1,194
$x(3)$		21.6	21.0	21.58
time		4.2	0.13	1.6
input	A	200		200
	B	15		5
	C		1,000 1,000 20.0	
	D		10.0 10.0 0.5	4.0 4.0 0.5

crossover rate = 0.4, mutation rate = 0.1
A = no. of populations, B = no. of generations
C = starting points, D = step size, time = sec.

Hooke -Jeeves의 직접탐색법 만을 사용하였을 경우에는 계산시간이 매우 적게 소요되었으나, 계산의 출발점에 따라서 국부최소점에 빠지는 경우가 있었다.

본 논문에서 구현한 혼합형 방법을 예제문제에 적용한 결과, Hooke-Jeeves의 직접탐색법보다 계산시간이 많이 소요되는 점이 있었으나 출발점에 따라 국부최소점에 빠지는 경우가 없었다. 또한 유전해법에 비하여 계산시간이 줄어들고, 상대적으로 정확한 최적점을 찾을 수 있었다. 유전해법에서 어느 정도 까지

최적화를 수행한 후에, 직접탐색법으로 계산을 넘기는 것이 효율적인가는 문제의 특성에 따라 달라질 것이다. 일반적으로는 유전해법에서 목적함수 값이 더 이상 향상되지 않을 경우가 적절한 시점이라 생각된다. 그러나 계산중에 그러한 시점을 찾는것이 쉽지 않으므로, 본 논문에서 사용한 것처럼 어느정도 계산이 수행된 후에 종료하거나, 목적함수의 평균값과 최소값이 동시에 크게 변화하지 않는 점을 고려하는 것도 하나의 방법이 될것이다.

5. 결 론

최적화의 효율을 향상시키기 위하여 유전해법과 직접탐색법을 결합한 혼합형 최적화방법을 구현하였다. 본 고에서 구현한 혼합형 최적화방법이 많은 계산시간을 필요로 하는 유전해법의 단점과 전체최적점을 찾기 위하여 출발점을 바꾸어 가면서 여러번 계산을 해야하는 직접탐색법의 번거로움을 해소한 효율적인 방법이 될수 있음을 확인하였다. 또한 유전해법에서 계산횟수가 같을 경우에는 세대 수를 증가시키는 것보다는 집단 수를 증가시키는 것이 보다 효율적이었다. Fijita-Akagi-Hirokawa[10]가 유전해법과 Quasi-Newton Method를 결합하여 유전해법에서 돌연변이가 끝날때마다 Quasi-Newton Method를 적용한 방법에 비하여, 본 고에서 개발한 방법은 유전해법이 종료된 후에 직접탐색법을 적용하기 때문에 시간이 적게 소요되는 장점이 있다. 따라서 혼합형 최적화방법을 실제 공학문제에 적용하면 최적설계에 소요되는 계산시간이 줄어들고, 얻어진 설계점이 국부최소점에 빠질 가능성이 적기 때문에 설계자가 반복계산을 해야하는 부담을 줄일수 있다.

유전해법을 사용할 경우에는 설계변수의 하한값과 상한값을 입력하여 실제 설계변수와 Mapping을 하게 되는데, 하한값과 상한값의 범위를 줄여주는 것이 효율적이다. 즉, 좁은 범위에서 같은 수의 집단이 할당되면 최적점을 얻을 가능성이 증대된다. 설계변수와 제한조건이 많고 목적함수가 복잡하며 계산시간이 많이 소요되는 실제 공학문제에 보다 효과적으로 이용하기 위하여는, 유전해법의 설계변수의 범위와 직접탐색법의 탐색폭의 결정 및 유전해법에서 직접탐색법으로 계산을 넘겨주는 시점의 결정등에 전문가의 지식을 이용하기 위한 지식베이스 시스템과의 결합도 필요할 것으로 생각된다. 즉, 실제 공학설계에서는 설계문제에 따라, 설계전문가들이 그범위를 어느 정도 예상할 수 있으므로 전문가의 지식을 이용하는 것이 가능할 것이다[13]. 전문가의 지식을 지식베이스화하여 최적화방법과 결합하면 보다 효율적으로 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

【참고문헌】

[1] Qian Z., Yu J. and Zhou J., "A Genetic Algorithm for Solving Mixed Discrete Optimization Problem", *Advances in Design Automation*, ASME, pp 499 - 504, 1993

[2] Goldberg D.E., *Genetic Algorithms in Search Optimization & Machine Learning*, Addison-Wesley Pub. Company, 1989

[3] Okada T. and Neki I., "Optimization of Ship Structural Design by Genetic Algorithm", 「일본조선학회논문집」, pp 259 - 266, Vol. 171, June 1992

[4] Maeda H. and Yamazaki T., "Decision Method of Optimal Safety Measures for Mobil Offshore Structures by Means of Genetic Algorithm", 「일본조선학회논문집」, pp 421 - 432, Vol. 173, June 1993

[5] Iba H., "Genetic Algorithms and Genetic Search", *Journal of Society of Instrument and Control Engineers*, pp 39 - 45, Vol. 32, No. 1, 1993

[6] Hatano H., "Optimization by Genetic Algorithm", *Journal of Society of Instrument and Control Engineers*, pp 52 - 57, Vol. 32, No. 1, 1993

[7] 김기화, 「Genetic Algorithm에 의한 다목적함수 최적구조 설계」, 서울대학교 박사학위논문, 1994년 2월

[8] Borup L. and Parkinson A. , "Comparison of Four Non-Derivative Optimization Methods on Two Problems Containing Heuristic and Analytic

Knowledge", *Advances in Design Automation*, ASME, pp 137 - 144, Vol. 1, 1992
[9] Parsons M.G., "Optimization Method for use in Computer-Aided Ship Design", *STAR Symposium*, SNAME, pp 13.1 - 13.27, 1975
[10] Fujita K., Akagi S. and Hirokawa N., "Hybrid Approach for Optimal Nesting Using a Genetic Algorithm and a Local Minimization Algorithm", *Advances in Design Automation*, ASME, pp 477 - 484, 1993
[11] Mockus J., *Bayesian Approach to Global Optimization*, Kluwer Academic Publishers, 1989
[12] Konno H., "A Cutting Plane Algorithm for Solving Bilinear Programs", *Mathematical Programming*, pp 14 - 27, Vol. 11, No. 1, 1976
[13] 이동곤, "최적화기법과 지식기반시스템", 「대한조선학회지」, pp 21 - 24, 1994년 6월

이동곤
1959년 2월 21일생
1981년 부산대학교 공과대학 조선공학과 졸업
1983년 부산대학교 대학원 조선공학과 졸업(석사)
1995년 부산대학교 대학원 조선공학과 졸업(박사)
현재 한국기계연구원 조선시스템연구부 선임연구원
주요관심분야: 설계지원시스템, 설계전문가시스템

김수영
1949년 3월 16일생
1974년 부산대학교 공과대학 조선공학과 졸업
1987년 Tu-Berlin 공학박사
현재 부산대학교 조선해양공학과 부교수
주요관심분야: 형상모델링

이창억
1943년 10월 13일생
1965년 인하공대 조선공학과 졸업
1981년 인하대학교 대학원 조선공학과 졸업(석사)
현재 울산공업전문대학 교수