

GA를 이용한 Form parameter 방법에 의한 초기선형 생성

Preliminary Hull Form Generation by Form Parameter Method using GA

김수영 · 신성철 · 신경엽

Su-Young Kim, Sung-Chul Shin and Kyoung-Yup Shin

부산대학교 조선해양공학과

요 약

본 연구는 선형 생성을 위하여 목적함수로서 fairness 기준을 도입하고 설계변수를 B-spline 곡선의 조정점으로 하며 설계자에 의해서 주어지는 기하학적 제약조건을 만족하도록 하는 최적화를 수행하도록 하였다. 본 연구에서는 최적화 방법으로 GA(Genetic Algorithm)와 최적성 기준(optimalty criteria)을 병행하였다.

Abstract

In order to generate hull form, fairness criteria applies to object function, B-spline curve vertices are considered as design variables, optimization is proceeded with satisfying geometric constraint conditions. GA(Genetic Algorithm) and optimalty criteria apply to optimization process in this study.

Key words : GA(Genetic Algorithm), form parameter, 최적성 기준(optimalty criteria), B-spline curve, 순정도 기준

1. 서 론

Form parameter 방법은 선형의 기하학적 특성을 나타내는 form parameter들을 적절하게 조합하여 선형을 생성한다. 이 방법은 유사 실적선을 변형하거나 표준 계열선을 보간하여 적절한 선형을 생성시킬 수 없을 경우에 적용 가능한 선형선의 설계에 이용할 수 있다. 그러나 구해진 형상이 선박의 형상으로 적합하지 않은 경우가 종종 있으며, 특히 복잡한 선형을 표현하는데 어려움이 있다[1][2][3][4][9].

본 연구에서는 기존의 form parameter 방법을 개선하여 효과적인 선형의 생성을 가능하도록 하고 있다. 이를 위해 본 연구에서 선형 생성과정을 목적함수가 순정도 기준이고 제약조건은 설계자에 의해서 주어지는 form parameter들로 하는 최적화로 취급한다. 본 연구에서 효과적인 최적화과정을 수행하기 위해서 GA와 최적성 기준(optimalty criteria)을 사용하였다.

2. B-spline form parameter 방법

2.1 Form parameter 방법

Form parameter 방법은 형상의 특성을 나타내는 기하학적 크기인 form parameter들을 적절히 조합하여 선형을 생성하는 방법이다. 형상표현에 사용되는 곡선의 종류에 따라 다항식 form parameter 방법, Cubic spline form

parameter 방법, B-spline form parameter 방법 등이 있다. 선형을 정의하는 form parameter들은 점 parameter(위치), 미분형 parameter(기울기, 곡률), 적분형 parameter(면적, 도심)가 있다[1][2][3][4].

2.2 B-spline representation

본 연구에 사용되는 B-spline curve는 (1)식으로 표현된다[7][8].

$$\vec{Q}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \sum_{i=0}^{m-1} \vec{V}_i \cdot N_{i,k}(t) \quad (1)$$

여기서,

\vec{V}_i : B-spline 조정점(vertex)

$N_{i,k}(t)$: B-spline 기저 함수(basis function)

k : 곡선의 order

m : 조정점 개수

knot vector \vec{T} 는 (2)식으로 정의된다.

$$\vec{T}^T = (t_0, t_1, \dots, t_{i-1}, t_i, \dots, t_{m+k-1}) \quad (2)$$

(2)식의 첨자 T는 전치행렬(transpose)을 의미하며 knot vector \vec{T} 에 의해 기저 함수가 결정되고 곡선의 특성에 직접적으로 영향을 미친다.

본 연구에서는 order 4인 open uniform B-spline curve를 사용하는데 그 이유는 다음과 같다[7][8].

1. 표현되는 곡선은 조정 다각형의 끝점 \vec{V}_0 와 \vec{V}_{m-1} 사이를 보간하며 또한 조정 다각형 첫 번째 마지막 선분은 끝점에서 곡선과 tangent를 이룬다.
2. order가 4인 B-spline 곡선은 2차 미분이 가능하므로

접수일자 : 2001년 6월 19일

완료일자 : 2001년 12월 28일

- 곡선 전체에 걸쳐 곡률연속이다.
3. 곡선의 국부적 변형이 가능하며 하나의 조정점이 곡선 전체에 영향을 미치지 않는다.

2.3 B-spline form parameter 방법

설계자에 의해서 주어지는 form parameter들을 만족하는 곡선을 B-spline curve로 표현한 방법이다. 사용되는 form parameter는 표 1에서 보여준다[5][6].

표 1. 곡선생성을 위한 form parameter들
Table 1. form parameters for curve generation

| Form parameter | | |
|----------------|-------------------------------|------------|
| 1 | Position at beginning | x_B |
| 2 | | y_B |
| 3 | Position at end | x_E |
| 4 | | y_E |
| 5 | Tangent angle at beginning | α_B |
| 6 | Tangent angle at end | α_E |
| 7 | Curvature at beginning | C_{AB} |
| 8 | Curvature at end | C_{AE} |
| 9 | Area between curve and x-axis | Area |
| 10 | Centroid of area | x_C |
| 11 | | y_C |

3. 곡선 설계최적화 문제의 정식화

본 연구에서는 B-spline form parameter 방법을 이용한 곡선 설계 문제를 최적화 과정으로 취급한다. 설계 변수는 선형을 결정하는 조정점들이고, 목적함수로는 순정도 기준을 사용한다. 제약조건은 설계자에 의해 주어지는 form parameter들을 등호 제약조건으로 사용하였다.

3.1 목적 함수

기존의 B-spline form parameter 방법은 form parameter들을 조합하여 직접적으로 곡선식을 결정한다. 본 연구에서는 곡선의 순정도를 평가하는 함수를 도입하고 이를 선형생성을 위한 최적화의 기준으로 삼는다. (3)식은 n차 곡선의 순정도를 평가하는 식이다[5][6].

$$F = sS + e_1E_1 + e_2E_2 + e_3E_3 + \dots + e_nE_n \quad (3)$$

여기서, S는 곡선의 길이이고, E_n 은 순정도 기준(fairness criteria)이며, e_1, e_2, e_3, s 는 순정도 기준과 arc length의 가중치 계수이다. 매개변수 t에 의해 표현되는 곡선의 S와 E_n 은 (4)식과 (5)식으로 주어진다.

$$E_n = \int_{t_a}^{t_b} \left\{ \left(\frac{d^n x}{dt^n} \right)^2 + \left(\frac{d^n y}{dt^n} \right)^2 \right\} dt \quad (4)$$

$$S = \int_{t_a}^{t_b} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2} dt \quad (5)$$

E_2 만을 사용하여도 fairness가 보장되므로 본 연구에

GA를 이용한 Form parameter 방법에 의한 초기선형 생성

서는 E_2 와 S만을 사용한 (6)식을 목적함수로 사용한다.

$$F = e_2E_2 + sS \quad (6)$$

3.2 설계변수와 제약조건

본 연구에서 복잡한 선형 표현을 위해 조정점이 8개이고, order가 4인 Open Uniform B-spline curve를 사용한다. 선형 생성을 위한 제약조건으로 사용되는 form parameter들은 곡선 양단의 위치, 양단에서 1차 및 2차 미분값, x축과 y축 사이의 면적, 면적의 x축과 y축에 대한 도심으로 표 1에서 나타내었다. 결국 선형을 표현하는 B-spline의 8개의 조정점은 설계변수로 취급하여 목적함수와 제약조건을 만족하는 최적화 과정을 통해서 결정된다. 본 연구에서 사용되는 B-spline의 조정점 \vec{V}_m 은 (7)식으로 표현한다.

$$\vec{V}_m = (x_m, y_m), \quad m=0, 1, \dots, 7 \quad (7)$$

제약조건은 생성되는 곡선이 설계자에 의해 주어지는 form parameter들을 정확하게 만족하기 위해 표 2의 등호제약조건을 사용하였다.

표 2. 등호제약조건
Table 2. Equality constraints

| Equality constraint | | |
|---------------------|------------|--|
| h_1 | x_B | $x_0 - x_{B_{given}} = 0$ |
| h_2 | y_B | $y_0 - y_{B_{given}} = 0$ |
| h_3 | x_E | $x_7 - x_{E_{given}} = 0$ |
| h_4 | y_E | $y_7 - y_{E_{given}} = 0$ |
| h_5 | α_B | $\alpha_{B_{actual}} - \alpha_{B_{given}} = 0$ |
| h_6 | α_E | $\alpha_{E_{actual}} - \alpha_{E_{given}} = 0$ |
| h_7 | C_{AB} | $C_{AB_{actual}} - C_{AB_{given}} = 0$ |
| h_8 | C_{AE} | $C_{AE_{actual}} - C_{AE_{given}} = 0$ |
| h_9 | Area | $A_{actual} - A_{given} = 0$ |
| h_{10} | x_C | $M_{y_{actual}} - x_{C_{given}} \cdot A_{given} = 0$ |
| h_{11} | y_C | $M_{x_{actual}} - y_{C_{given}} \cdot A_{given} = 0$ |

현재 구하고자 하는 설계변수는 (7)식에서 보이는 것처럼 16개인데 계산의 효율성을 위해 변수의 개수를 줄이는 과정을 거친다. 우선 제약조건 $h_1 \sim h_4$ 에서 양 끝의 조정점 \vec{V}_0 과 \vec{V}_7 을 직접적으로 구할 수 있고 제약조건 $h_5 \sim h_6$ 과 (8)식에서 양끝에서 두 번째 조정점 \vec{V}_1 과 \vec{V}_6 은 x_{a_b}, x_{a_e} 로 대체된다. 여기서 x_{a_b}, x_{a_e} 는 각각 양 끝에서 첫 번째와 두 번째 조정점 사이의 거리이다. 결국 구하고자 하는 설계변수는 10개로 줄어든다.

$$\begin{aligned} \vec{V}_1 &= \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} + x_{a_b} \cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha_B \\ \sin \alpha_B \end{pmatrix} \\ \vec{V}_6 &= \begin{pmatrix} x_6 \\ y_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_7 \\ y_7 \end{pmatrix} - x_{a_e} \cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha_E \\ \sin \alpha_E \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (8)$$

제약조건도 (9)식으로 줄어들게 된다.

$$\begin{aligned}
 h_7 &= C_{AB_{actual}} - C_{AB_{given}} = 0 \\
 h_8 &= C_{AE_{actual}} - C_{AE_{given}} = 0 \\
 h_9 &= A_{actual} - A_{given} = 0 \\
 h_{10} &= M_{y_{actual}} - x_{c_{given}} \cdot A_{given} = 0 \\
 h_{11} &= M_{x_{actual}} - y_{c_{given}} \cdot A_{given} = 0
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

4. GA와 최적성 기준을 이용한 곡선 생성

4.1 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)

GA는 자연계의 진화 현상을 구현하는 알고리즘으로, 다윈이 주장한 적자생존과 자연도태의 원리를 이용하여 개발된 알고리즘이다. 다윈의 진화론에 의하면 집단 내 개체는 주위 환경에 적합한 형질을 가질수록 생존할 확률이 높으며 교배(crossover)와 돌연변이(mutation)를 통해 더 나은 방향으로 진화하고(적자생존), 부적합한 형질을 가질수록 진화의 과정에서 점차 도태되어 간다(자연도태). 즉, GA는 이러한 자연진화의 법칙을 컴퓨터의 논리로 모방하여 일반 최적화 문제나 탐색문제의 해를 구하는 알고리즘이다.

GA는 기존의 탐색 기법과는 달리 집단(population)이라고 불리는 임의의 초기 해집단으로부터 출발한다. 또한 집단을 구성하는 각 개체는 게놈(genome) 혹은 염색체(chromosome)라고 부르며 유전자 알고리즘에서 문제의 해를 표현하는 역할을 한다. 게놈은 대개 이진 스트링으로 표현하며 세대(generation)라고 부르는 연속적인 반복과정을 통해 진화한다.

집단이 현 세대에서 다음 세대로 넘어가기 위해서는 일반적으로 선택(selection), 교배(crossover), 돌연변이(mutation)의 연산을 거쳐야 하며 이들은 유전자 알고리즘의 기본적인 연산으로서 알고리즘의 메커니즘을 규정하고 효율성에 영향을 미친다[10][11].

4.2 GA를 이용한 곡선생성

본 연구에서 앞 절에서 정식화한 곡선최적화 문제를 풀기 위해서 Simple GA를 사용하였다. 염색체는 16bit의 2진 binary형을 사용하였고 population 크기가 40이고, crossover와 mutation 확률은 각각 60%, 1%로 하였다 [10][11]. 그림 1은 10개의 설계변수에 대한 염색체 구조를 보여준다.

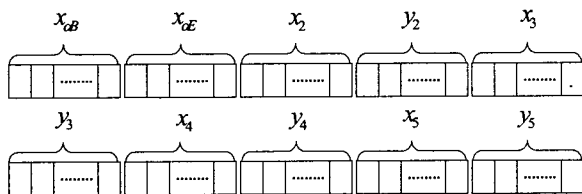


그림 1. 염색체의 구조
Fig. 1. Structure of Chromosome

GA에서 제약조건을 다루기 위하여 벌점(penalty) 함수를 도입하였다. 제약조건에 가중치를 곱한 다음 목적함수에 포함하여 (9)식의 제약조건을 제거한 비 제약목적함수로 전환하였다[11].

$$new F(x) = F(x) + \sum_{i=1}^k C_i \cdot d_i^k \tag{10}$$

$F(x)$: fairness 기준

C_i : i번째 제약조건에 가중치

d_i : i번째 제약조건에서 벗어난 거리

k : 1 또는 2

여기서 $\sum_{i=1}^k C_i \cdot d_i^k$ 을 벌점함수(penalty function)로 취급하였다. 가장 중요한 부분은 가중치 C_i 를 어떻게 정할 것인가 하는 문제인데 본 연구에서는 normalized case를 다루었고 이 경우의 적절한 가중치 C_i 를 경험적으로 결정하였다.

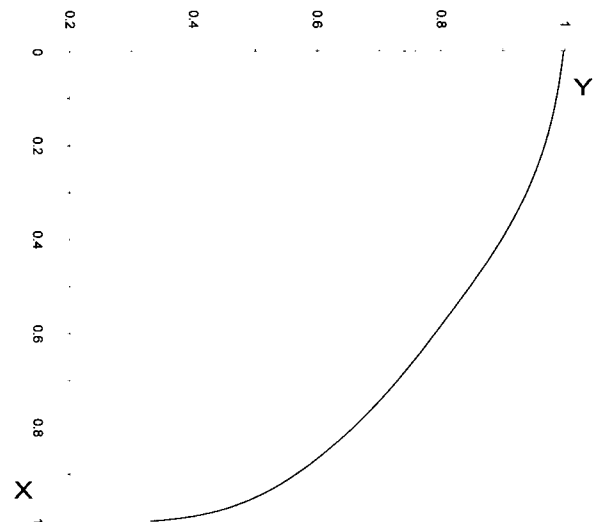


그림 2. GA를 사용하여 생성된 곡선
Fig. 2. Generated curve using GA

표 3. 사용된 Form parameter
Table 4. Form parameter set

| | | input value | result value |
|----|------------|-------------|--------------|
| 1 | x_B | 0.0 | 0.0 |
| 2 | y_B | 0.998204 | 0.998240 |
| 3 | x_E | 1.0 | 1.0 |
| 4 | y_E | 0.33031 | 0.33031 |
| 5 | α_B | -5.0 | -5.0 |
| 6 | α_E | -85.0 | -85.0 |
| 7 | C_{AB} | -0.5 | -0.500872 |
| 8 | C_{AE} | -1.5 | -1.505363 |
| 9 | Area | 0.8103 | 0.810308 |
| 10 | x_C | 0.4330 | 0.432774 |
| 11 | y_C | 0.42195 | 0.421918 |

그림 2와 표 3은 GA를 사용하여 생성된 곡선의 결과를 보여준다. 그림 2는 선박의 한 횡단면을 표현하고 있으며 X축은 선박의 깊이(Depth)를 의미하며 Y축은 폭

(Breadth)을 나타낸다. 본 논문에서는 선박의 횡단면을 생성하는 문제를 다룰 것이며, 그림 2의 좌표축을 계속 사용한다.

표 3에서 볼 수 있듯이 최적화 방법을 GA로 사용하여 얻어진 해는 설계자에 의해 주어진 form parameter 값을 거의 만족하나 정확한 엄밀해(exact solution)는 아니다.

따라서, 본 연구에서 GA를 통한 결과 값보다 더 우수한 해를 구하기 위해서 다음절에서 소개되는 최적성 기준과 GA를 함께 사용하여 곡선을 생성한다.

4.3 최적성 기준(optimality criteria)

본 연구에서 언급하는 최적성 기준을 이용한 방법은 다음과 같다.

목적함수 F 와 제약조건 $\sum h_i$ 를 (11)식의 비제약 목적함수 F^* 로 전환한다[6].

$$F^* = F + \sum_{i=1}^n \lambda_i h_i \quad (11)$$

여기서 λ_i 는 라그랑지승수(lagrange multiplier)이다. 최적성 조건에 의해 (11)식은 (12)식으로 표현된다.

$$F^* \approx Min \Rightarrow \nabla F^* \approx \vec{0} \quad (12)$$

$$f_1 = \frac{\partial F^*}{\partial x_{a_n}} \approx 0$$

$$f_2 = \frac{\partial F^*}{\partial x_2} \approx 0$$

$$f_3 = \frac{\partial F^*}{\partial y_2} \approx 0$$

$$\vdots$$

$$f_8 = \frac{\partial F^*}{\partial x_5} \approx 0$$

$$f_9 = \frac{\partial F^*}{\partial y_5} \approx 0$$

$$f_{10} = \frac{\partial F^*}{\partial x_{a_e}} \approx 0$$

$$f_{11} = \frac{\partial F^*}{\partial \lambda_1} \approx 0$$

$$f_{12} = \frac{\partial F^*}{\partial \lambda_2} \approx 0$$

$$\vdots$$

$$f_{15} = \frac{\partial F^*}{\partial \lambda_5} \approx 0$$

따라서 최적화 문제는 15개의 변수를 가지는 비선형 연립방정식을 풀이함으로써 종료된다. 복잡한 비선형 연립방정식을 풀기 위해서 수치적인 방법이 요구되며 어떻게 초기 해를 결정할 것인가가 매우 중요하다. 우수한 초기 해는 방정식의 수렴 속도를 증가시키며 국부 해로 빠지는 것을 피할 수 있게 해준다.

하지만 많은 변수를 가지는 비선형 방정식의 경우 초기 해를 결정하는 것은 매우 어렵다. 이를 위해서 본 연구에서 4.2 절에서 언급된 GA를 사용하여 얻어진 해를 초기 해로 두고 비선형 연립방정식을 풀이하였다.

4.4 GA와 최적성 기준을 이용한 곡선 생성

4.2절과 4.3절에서 기술한 GA와 최적성 기준을 이용하여 곡선을 생성시키는 알고리즘을 그림 4에서 보여준다. 주어진 form parameter들로부터 GA를 사용하여 생성된 곡선을 초기 해로 설정한다. 4.3절에 언급된 최적성 조건을 사용하며 설계자가 만족할 만한 최적의 곡선이 얻어질 때까지 곡선의 vertex point들의 수정을 통하여 반복된다.

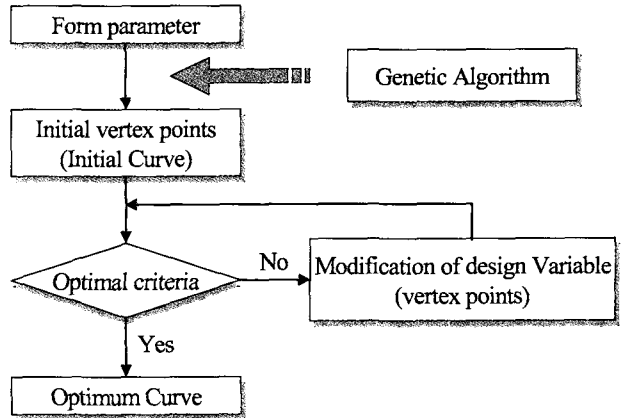


그림 3. GA와 최적성 기준을 이용한 곡선생성 흐름도
Fig. 3. Curve generation algorithm using GA and optimality criteria

그림 4은 GA만을 사용하여 생성시킨 곡선과 GA와 최적성 기준을 함께 사용한 곡선을 비교하여 보여준다. 여기서 GA만을 사용하여 생성된 곡선은 초기 해로 취급된다.

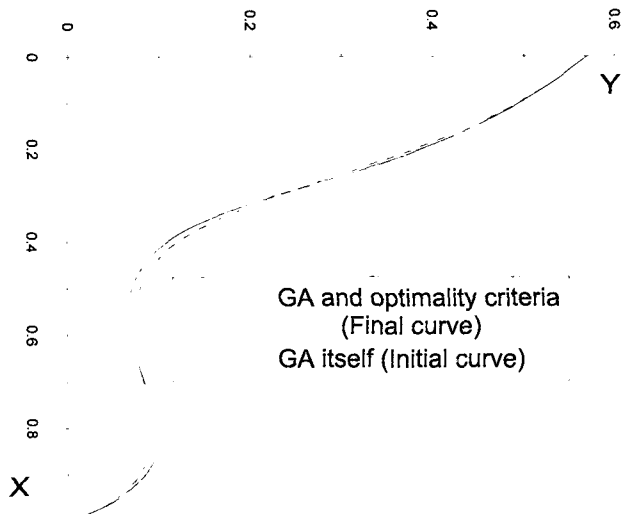


그림 4. GA와 optimality criteria를 이용하여 생성된 곡선
Fig. 4. Generated curve using GA and optimality criteria

GA와 최적성 기준을 함께 사용한 방법이 표 4에서 표현된 수치결과에서 볼 수 있듯이 시작점과 끝점(x_B, y_B, x_E, y_E)과 양 끝점에서 tangent 벡터의 방향(α_B 와 α_E)에서 같은 결과를 가지지만 곡률(C_{AB}, C_{AE})과 면적(Area), 도심(x_C, y_C)에서는 GA 단독으로 사용할 경우보다 form parameter들을 정확히 만족하는 것을 볼 수 있다.

그리고 기존의 form parameter 방법으로 표현하기 어려웠던 그림 4의 굴곡이 심한 횡단면 곡선을 GA와 최적성 기준을 함께 사용함으로써 표현 가능하였다. 따라서 본 논문에서 GA와 최적성 기준을 함께 사용함으로써 곡선 최적화문제를 다룬다.

표 4. 두 방법의 비교
Table 5. Comparison of two methods

| | | input value | GA | GA & optimality criteria |
|----|------------|-------------|-----------|--------------------------|
| 1 | x_B | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | y_B | 0.569026 | 0.569026 | 0.569026 |
| 3 | x_E | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 4 | y_E | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | α_B | -31.0 | -31.0 | -31.0 |
| 6 | α_E | -58.0 | -58.0 | -58.0 |
| 7 | C_{AB} | -1.5 | -1.500425 | -1.499957 |
| 8 | C_{AE} | -4.41 | -4.409601 | -4.409994 |
| 9 | Area | 0.1925 | 0.193116 | 0.1924999 |
| 10 | x_C | 0.28489 | 0.28488 | 0.28489 |
| 11 | y_C | 0.16952 | 0.169334 | 0.16952 |

5. 다양한 곡선 표현

본 방법을 사용하여 설계자에 의해 주어지는 form parameter들의 변화에 대응하여 다양한 곡선 표현이 가능하다. 그림 5와 6는 각각 면적과 y축에 관한 도심을 변경하였을 때 곡선의 변화를 보여준다.

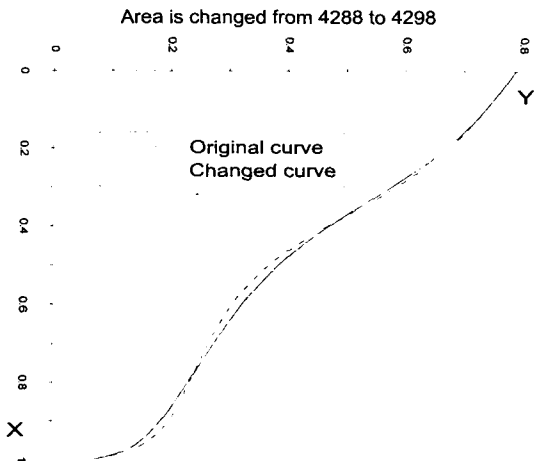


그림 5. 면적 parameter의 변경에 따른 곡선
Fig. 5. Curve for changing area parameter

본 방법의 특징은 설계자에 의해 만족해야 하는 form parameter들을 선택할 수 있다. 즉, 기존의 B-spline form parameter 방법이 모든 form parameter를 만족하면서 곡선을 생성하는 것에 비해 본 방법은 모든 form

parameter들은 초기 값으로 적용되고 설계자가 원하는 form parameter만을 만족하도록 곡선을 생성할 수 있다.

그림 7~9는 form parameter의 선택에 따른 곡선의 형상을 보여준다. 점선은 모든 form parameter들을 고려한 곡선이고 실선은 선택된 form parameter들을 고려한 곡선이다.

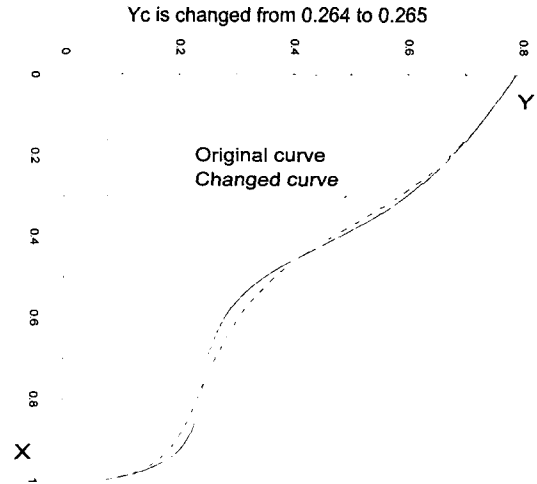


그림 6. y_C parameter 변경에 따른 곡선
Fig. 6. Curve for changing y_C parameter

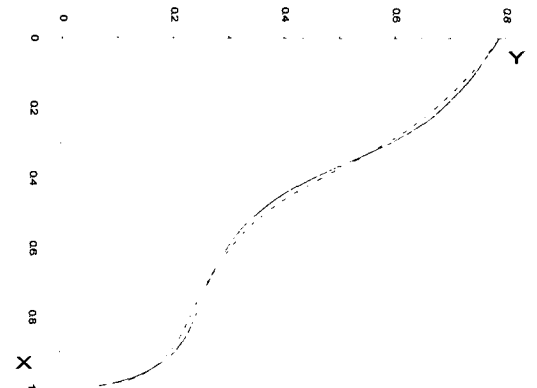


그림 7. 곡률을 제외시킨 곡선
Fig. 7. Curve except for curvature

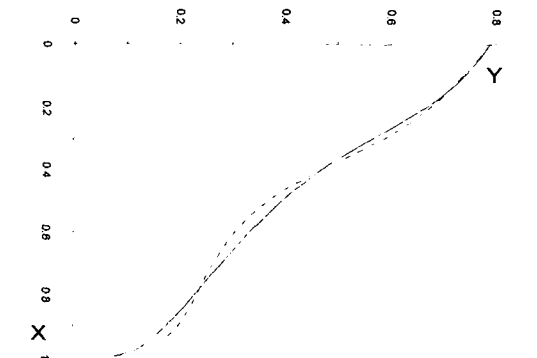


그림 8. y_C 를 제외시킨 곡선
Fig. 8. Curve except for y_C

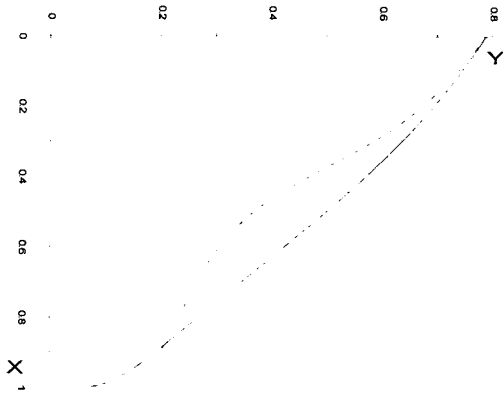


그림 9. x_c, y_c , 면적을 제외시킨 곡선
Fig. 9. Curve except for $x_c, y_c, Area$

표 5는 곡선 표현에 사용된 form parameter들을 나타내고 있다.

표 5. 사용된 form parameter
Table 6. Set of form parameter

| | Form parameter | input value |
|----|----------------|-------------|
| 1 | x_B | 0.0 |
| 2 | y_B | 0.787611 |
| 3 | x_E | 1.0 |
| 4 | y_E | 0.061062 |
| 5 | α_B | -22.0 |
| 6 | α_E | -80.0 |
| 7 | C_{AB} | 0.5 |
| 8 | C_{AE} | -2.5 |
| 9 | Area | 0.4288 |
| 10 | x_C | 0.363 |
| 11 | y_C | 0.264 |

6. 적용 예

그림 10은 form parameter 방법에 의한 선박의 초기 선형 생성의 흐름도이다[1][2][3][4][6].

그림 10의 흐름도에 따라 유조선의 초기 선형을 생성하였다. Basic Curve들은 그림 11~14로 나타내었고 표 6~9 각각의 Basic Curve 생성에 사용된 form parameter 값들을 보여준다. 표에서 반전된 부분의 파라미터들은 곡선생성을 위해 선택되지 않았음을 의미하며 반전된 부분의 수치는 생성곡선의 파라미터의 실제수치를 나타낸다. 그림 11에서 X축과 Y축은 각각 선박의 길이방향과 횡단면적을 의미하고 그림 12에서 X축과 Y축은 각각 선박의 길이방향과 수선면에서 폭을 의미한다.

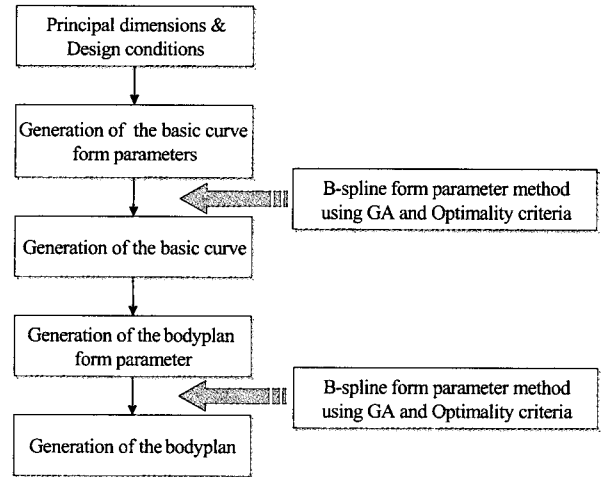


그림 10. 초기 선형 생성 알고리즘
Fig. 10. Preliminary hull form generation Algorithm

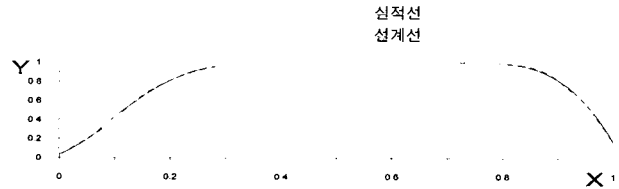


그림 11. SAC
Fig. 11. Sectional Area Curve

표 6. SAC의 form parameter
Table 7. Set of form parameter for SAC

| Form parameter | Run part | Entrance part |
|----------------|-----------|---------------|
| x_B | 0.0 | 0.7 |
| y_B | 0.0315546 | 1.0 |
| x_E | 0.45 | 1.0 |
| y_E | 1.0 | 0.1612194 |
| α_B | 72.0 | -0.0 |
| α_E | 0.0 | -84.0 |
| C_{AB} | 0.2 | -0.0 |
| C_{AE} | -0.0 | -0.1 |
| Area | 0.3239 | 0.2462 |
| x_C | 0.2778 | 0.8275 |
| y_C | 0.4289 | 0.4432 |

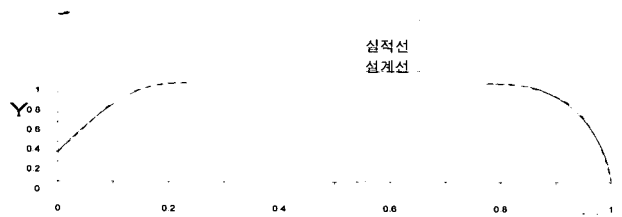


그림 12. DWL
Fig. 12. Design Water Line

표 7. DWL의 form parameter
Table 8. Set of form parameter for DWL

| Form parameter | Run part | Entrance part |
|----------------|----------|---------------|
| x_B | 0.0 | 0.75 |
| y_B | 0.300885 | 1.0 |
| x_E | 0.25 | 1.0 |
| y_E | 1.0 | 0.0 |
| α_B | 79.0 | -0.0 |
| α_E | 0.0 | -88.0 |
| C_{AB} | -0.0 | -1.0 |
| C_{AE} | -0.1 | -0.1 |
| Area | 0.1983 | 0.2041 |
| x_C | 0.1436 | 0.8561 |
| y_C | 0.4260 | 0.4432 |

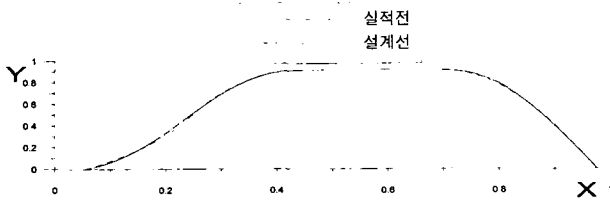


그림 13. BTL
Fig. 13. Bottom Tangential Line

표 8. BTL의 form parameter
Table 9. Set of form parameter for BTL

| Form parameter | Run part | Entrance part |
|----------------|-----------|---------------|
| x_B | 0.0546154 | 0.7 |
| y_B | 0.0 | 0.9115044 |
| x_E | 0.45 | 0.975 |
| y_E | 0.9115044 | 0.0 |
| α_B | 68.0 | -0.5 |
| α_E | 5.0 | -80.0 |
| C_{AB} | 0.1 | -0.5 |
| C_{AE} | -1.0 | -0.0 |
| Area | 0.1969 | 0.1636 |
| x_C | 0.3246 | 0.8011 |
| y_C | 0.3511 | 0.3636 |

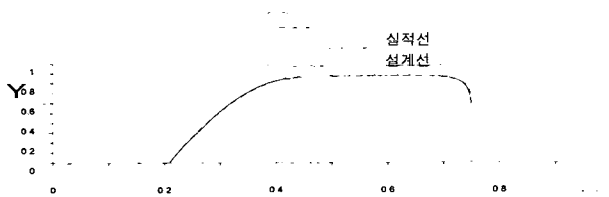


그림 14. STL
Fig. 14. Side Tangential Line

표 9. STL의 form parameter
Table 10. Set of form parameter for STL

| Form parameter | Run part | Entrance part |
|----------------|-----------|---------------|
| x_B | 0.2089915 | 0.5 |
| y_B | 0.0 | 0.8675497 |
| x_E | 0.45 | 0.75 |
| y_E | 0.8675497 | 0.4701987 |
| α_B | 82.0 | -0.0 |
| α_E | 5.0 | -90.0 |
| C_{AB} | -0.1 | -0.0 |
| C_{AE} | -1.0 | -0.0 |
| Area | 0.1368 | 0.21441 |
| x_C | 0.3604 | 0.6233 |
| y_C | 0.3433 | 0.4290 |

그림 13에서 X축과 Y축은 각각 선박의 길이방향과 선저(Bottom)에서 폭을 의미하고 그림 14에서 X축과 Y축은 각각 선박의 길이방향과 최대 폭의 길이를 의미한다.

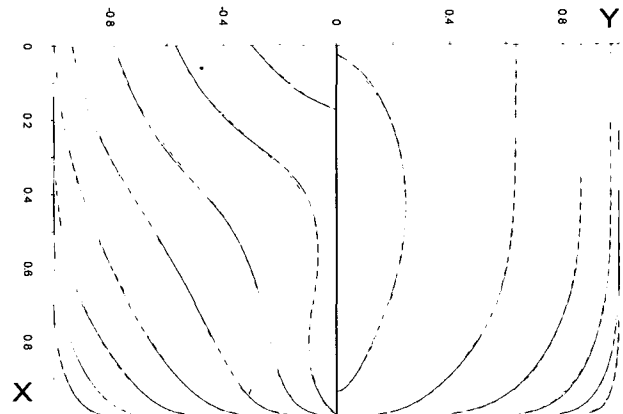


그림 15. 정면선도
Fig. 15. Bodyplan

그림 15는 그림 11~14의 기본곡선들로부터 얻어진 정면선도 생성 결과이고 선박의 초기 설계의 최종결과이다. X축과 Y축은 각각 선박의 길이와 폭을 의미한다.

7. 결과 검토 및 결론

본 연구 방법에서 제안된 GA를 이용한 form parameter 방법으로 order 4, 조정점 8개의 B-spline curve로 표현된 기본곡선과 정면선도는 그림 11~15에서 검토할 수 있듯이 실적선의 선형을 우수하게 표현하였다.

이상의 연구에서 다음의 연구결과를 얻었다.

- ① B-spline form parameter 방법을 이용한 곡선 설계문

제에 Genetic Algorithm을 적용함으로써 최적화 문제로의 전환이 가능하였다.

- ② 기존의 Form parameter 방법과 비교하여 이전에 표현하기 어려웠던 그림 4의 굴곡이 심한 형상이 표현 가능하고 4절에서 언급된 설계자가 form parameter들을 선택하여 사용할 수 있는 장점 때문에 기존의 form parameter 방법에 비해서 매우 우수한 것으로 판단된다.
- ③ ①과 ②로부터 실적선 DATA를 사용하지 않는 선형선의 개념설계과 초기설계시의 활용 가능성을 확장한다.

참 고 문 헌

- [1] C. Creutz, "Curve and Surface Design from form parameter by means of B-splines", (In Germany), Doctoral Thesis, University of Berlin, 1977.
- [2] 강사원, "B-spline form parameter 방법에 의한 선형 설계 기법 연구", 석사 학위 논문, 부산대학교, 1990.
- [3] 안 당, "Form parameter 방법을 이용한 선형 생성과 페어링에 관한 연구", 석사 학위 논문, 부산대학교, 1994.
- [4] 김현철, "SAC와 NRUBS 곡선을 이용한 선형 생성에 관한 연구", 석사 학위 논문, 부산대학교, 1995.
- [5] H. Nowacki, M.I.G Bloor, B. Oleksiewicz, "Computational Geometry in Ship Design", London, 1995.
- [6] S. Harries, "Parametric Design and Hydrodynamic Optimization of Ship Hull Forms", Mensch & Buch Verlag, Berlin, 1998.
- [7] G. Farin, "Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design A Practical Guide", Dept. of Computer Science, Arizona State University, 1990.
- [8] David F.Rogers, Alan Adams, "Mathematical Elements form Computer Graphics", McGraw-Hill Press, second deition, 1990.
- [9] H. Lackenby, "On the Systematic Geometrical variation of Ship Form", Transaction INA, vol. 92, 1950.
- [10] Lawrence Davis, "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [11] Zbigniew Michalewicz, "유전자 알고리즘", 도서출판 그린, 1995.

저 자 소 개



김수영(S.Y.Kim)

1974년 : 부산대학교 조선공학과 졸업(학사)
 1977년 : 부산대학교 조선공학과 졸업(석사)
 1987년 : 독일 Technische Universitaet Berlin, Institut fuer Schiffs und Meerestechnik (박사)
 1982년~87년 : Technische Universitaet Berlin, Institut fuer Schiffs und Meerestechnik 연구원

1997년~현재 : 부산대학교 조선해양공학과 교수

관심분야 : 인공지능, 경제성평가, 선형생성



신성철(S.C.Shin)

1997년 : 부산대학교 조선해양공학과 졸업(학사)
 1999년 : 부산대학교 조선해양공학과 졸업(석사)
 1999년~현재 : 부산대학교 조선해양공학과 박사과정

관심분야 : 에이전트 시스템, 인공지능



신경엽(K.Y.Shin)

2000년 : 부산대학교 조선해양공학과 졸업(학사)
 2000년~현재 : 부산대학교 조선해양공학과 석사과정

관심분야 : 인공지능, 3D Modeling, 자동제어