

조정점 최적탐색에 의한 Form Parameter 방법에 관한 연구

김수영*, 신성철**, 김덕은***

A Study on Form Parameter Method by Optimum Vertex Point Search

S.Y.Kim*, S.C.Shin** and D.E.Kim***

요 약

본 연구는 Form Parameter를 만족하는 선형 생성 과정을 최적화 과정으로 취급하였다. 목적함수는 fairness 기준을 도입하고 설계변수는 B-spline 곡선의 조정점으로 하며 제약조건은 설계자에 의해서 주어지는 기하학적 형상으로 하였다. 최적화 방법은 GA(Genetic Algorithm)와 최적성 기준(optimality criteria)을 병행하였다.

※Keywords: B-spline curve, form parameter, Genetic Algorithm(유전자 알고리즘), Optimality criteria(최적성 기준)

Abstract

In order to generate hull form, we introduced optimization process. Fairness criteria is applied to object function, B-Spline control vertices are considered as design variables, optimization is proceeded with satisfying geometric constraint conditions. GA(Genetic Algorithm) and optimality criteria are applied to optimization process in this study.

1. 서론

형상의 특성을 나타내는 기하학적인 값인 form parameter들을 조합하여 선형을 생성하는 form parameter 방법은 선형선 설계에 적합하다. 그러

나 순정도의 보장과 선수미 형상 그리고 form parameter 유용영역의 제한 등에 어려움이 있다 (김수영/강사원 1990) (김수영/강사원 1992) (김수영/김현철 1995). 이러한 단점의 극복을 위해 form parameter 방법에 의한 선형 생성을 최적화

접수일자: 2002년 6월 27일, 승인일자: 2002년 10월 21일

* 주저자, 정회원, 부산대학교 조선해양공학과 정교수, 부산대학교 생산기술연구소(sykim@pusan.ac.kr)

** 학생회원, 부산대학교 조선해양공학과 박사과정 (scshin@pusan.ac.kr)

*** 학생회원, 부산대학교 조선해양공학과 석사과정 (punuri@hanmail.net)

과정으로 생각하면, 설계변수는 조정점, 제한조건은 형상조건, 목적함수는 순정도로 치환된다 (S. Harries 1998).

2. 기존의 연구 동향

Creutz(1977)는 14개의 form parameter를 사용하여 7개의 조정점을 가지는 평면 3차 B-spline 방법을 제시하였다. 사용된 form parameter는 곡선 양 끝의 위치, 1,2차 미분값, 곡선과 축으로 둘러싸인 부분의 면적과 면적 1차 모멘트이다.

Nowaki(1990) 등은 2차 파라메트릭 기준인 E2를 사용하여 Bezier 곡선의 미결정 조정점을 도출하였다.

Harries(1998)는 E2에 의한 B-spline 조정점을 도출하는 방법을 제안하였다. Harries는 B-spline form parameter 방법을 이용한 곡선 설계 문제를 최적화 과정으로 취급하였다.

하지만 Harries가 제안한 방법은 국부 해에 빠질 가능성이 존재한다. 본 연구에서는 전역해의 탐색을 용이하게 하도록 최적화에 GA(Genetic Algorithm)를 사용하였다. 그리고 본 연구에서 GA를 통한 결과 값보다 더 우수한 해를 구하기 위해서 다음절에서 소개되는 최적성 기준과 GA를 함께 사용하여 곡선을 생성한다.

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. (1)식은 n차 곡선의 순정도를

평가하는 식이다(G. Farin 1997).

$$F = sS + e_1E_1 + e_2E_2 + e_3E_3 + \dots + e_nE_n \quad (1)$$

여기서, S는 곡선의 길이이고, E_n은 순정도 기준(fairness criteria)이며, e₁, e₂, e₃, s는 순정도 기준과 곡선 길이의 가중치 계수이다. 매개변수 t에 의해 표현되는 곡선의 S와 E_n은 (2)식과 (3)식으로 주어진다.

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

$$S = \int_{t_E}^{t_B} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2} dt \quad (3)$$

E₂만을 사용하여도 순정도가 보장되므로 본 연구에서는 E₂와 S만을 사용한 (4)식을 목적함수로 사용한다.

$$F = e_2E_2 + sS \quad (4)$$

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 미분 값, x축과 y축 사이의 면적, 면적의 x축과 y축에 대한 도심으로 Table 1에서 나타내었다. 결국 선형을 표현하는 B-spline의 8개의 조정점은 설계변수로 취급하여 목적함수와 제약조건을 만족하는 최적화 과정을 통해서 결정된다. 제약조건은 생성되는 곡선이 주어지는 form parameter를 정확하게 만족하기 위해 Table 1의 등호제약조건을 사용하였다.

4. GA와 최적성기준을 이용한 곡선생성

4.1 GA를 이용한 곡선생성

본 연구에서는 곡선최적화 문제를 다루기 위해 Simple GA를 사용하였다. 염색체는 16bit의 2진 binary형을 사용하였고 모집단은 크기가 400이

Table 1 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	$M_{x_{actual}} - y_{C_{given}} \cdot A_{given} = 0$

Table 2 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

고, 교차와 돌연변이 확률은 각각 60%, 1%로 하였다(L. Davis 1991) (Z. Michalewicz 1995). GA에서 제약조건을 다루기 위하여 벌점(penalty) 함수를 도입하였다.

Table 2에서 볼 수 있듯이 GA를 사용하여 얻어진 해는 설계자에 의해 주어진 form parameter 값을 거의 만족하지만 정확한 엄밀해(exact solution)는 아니다. 따라서 본 연구에서 GA를 통한 결과 값보다 더 우수한 해를 구하기 위해서 다

음절에서 소개되는 최적성 기준과 GA를 함께 사용하여 곡선을 생성한다. 본 연구에서는 최적성 기준으로 Newton-Raphson 방법을 사용하였다.

4.2 GA와 최적성 기준을 이용한 곡선 생성

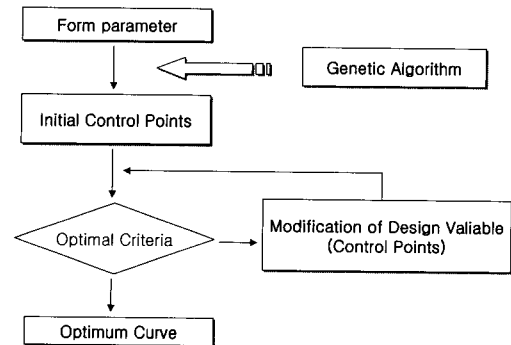


Fig. 1 Curve generation algorithm using GA and optimality criteria

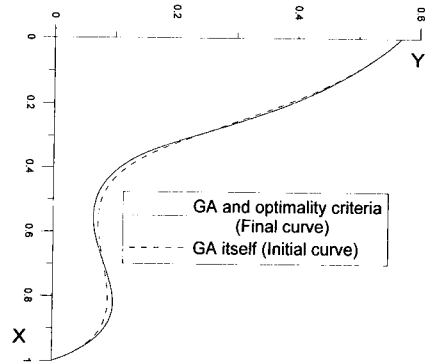


Fig. 2 Generated curve using GA and optimality criteria

Fig. 1은 본 연구의 개념적 흐름도를 나타낸다. Form parameter들이 주어지면, GA를 사용하여 생성된 곡선을 초기 해로 설정한다. 그리고 최적성 조건을 사용하여 설계자가 만족할 만한 최적의 곡선이 얻어질 때까지 곡선의 조정점들의 수정을 통하여 반복된다.

Fig. 2는 GA만을 사용하여 생성시킨 곡선과 GA와 최적성 기준을 함께 사용한 곡선을 비교하여 보여준다. 여기서 GA만을 사용하여 생성된 곡선은 초기 해로 취급된다.

Table 3 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

GA와 최적성 기준을 함께 사용한 결과는 Table 3 에서 표현된 수치결과에서 볼 수 있듯이 시작점과 끝점(x_B, y_B, x_E, y_E) 그리고 양 끝점에서의 tangent 벡터의 방향(α_B 와 α_E)에서 GA만을 사용한 경우와 같은 결과를 갖지만, 곡률(C_{AB}, C_{AE})과 면적(Area), 도심(x_C, y_C)에서는 GA 단독으로 사용할 경우보다 더욱 정도 높은 결과값을 보여준다.

5. 다양한 곡선 표현

Fig. 3과 4는 각각 면적과 y축에 관한 도심을 변경하였을 때 곡선의 변화를 보여주는 것인데 Harries 방법의 경우 form parameter의 변화에 매우 민감한 반응을 보인다. 따라서 기존 곡선에서 form parameter 값을 약간만 변화시켜도 대부분의 경우 목표형상의 설계에 실패할 수 있다. 하지만 본 방법의 경우에는 대부분의 form parameter에 대해 조정점의 값을 도출하기 때문에 Fig. 3과 4의 경우 같이 곡선의 면적이나 도심을 어떻게 변화시켜도 만족할 만한 해를 도출한다.

본 방법은 설계자가 임의로 form parameter들을 선택할 수 있다. 즉, 기존의 B-spline form parameter 방법이 모든 form parameter를 만족하

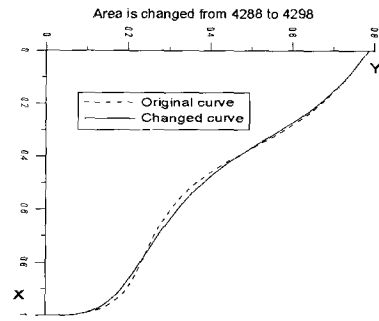


Fig. 3 Curve for changing area parameter

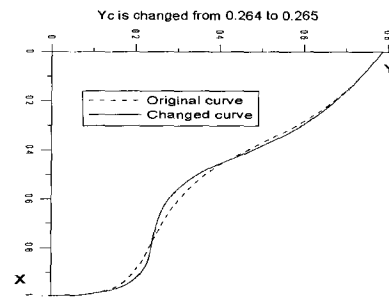


Fig. 4 Curve for changing Yc parameter

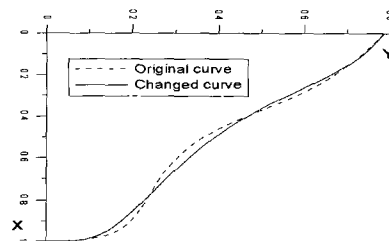


Fig. 5 Curve except for curvature

면서 곡선을 생성하는 것에 비해 본 연구에서는 설계자가 원하는 form parameter만을 선택하여 곡선을 생성할 수 있다.

Fig. 5, 6은 form parameter의 선택에 따른 곡선의 형상을 보여준다. 점선은 모든 form parameter들을 선택하여 생성한 곡선이고 실선은 몇몇의 form parameter들을 제외하여 생성한 곡선이다.

Table 3은 곡선 표현에 사용된 form parameter들을 나타내고 있다.

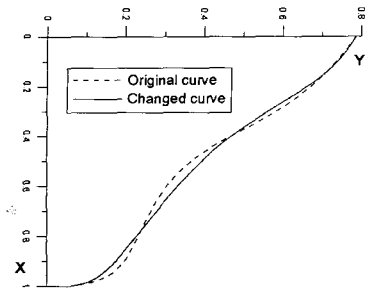


Fig. 6 Curve except for y_C

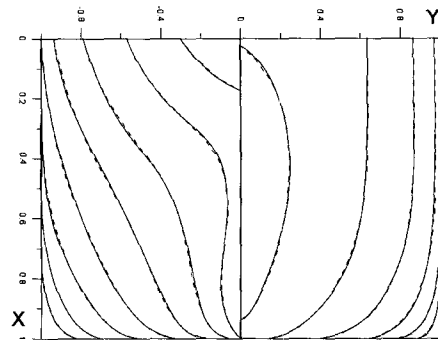


Fig. 7 Bodyplan

Table 3 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	A_{rea}	0.4288
10	x_C	0.363
11	y_C	0.264

② 기존의 form parameter 방법과 비교하여 이전에 표현하기 어려웠던 굴곡이 심한 형상이 표현 가능하게 되었다.

③ 기존의 방법에서는 어려웠던 임의의 form parameter 변화에 대응하는 곡선을 생성할 수 있게 되었다.

①, ②, ③로부터 실적선 DATA를 사용하지 않는 신형선의 초기 설계시의 활용이 가능하다.

후 기

본 연구는 부산대학교 생산기술연구소의 지원으로 수행되었으며 이 기회에 관계자 여러분께 깊은 감사를 드린다.

5. 적용 예

초기 선형을 본 논문에서 제시한 방법으로 생성해 보았다. Fig. 7은 본 방법에 의해 생성된 정면 선도이다. 여기서 점선으로 표시된 부분은 실적선이며 실선은 설계선을 의미한다.

6. 결과 검토 및 결론

이상의 연구에서 다음의 결론을 얻었다.

① 기존의 방법은 곡선 생성을 위한 form parameter가 고정되었던 것과 달리 본 방법은 설계자가 form parameter를 선택하여 사용할 수 있다.

참 고 문 헌

- 김수영, 강사원 1992 "B-spline 형상계수 방법에 의한 선형생성", 대한조선학회 논문집 제29권 제1호.
- 김수영, 김현철 1995 "NRUBS 곡선을 이용한 선형의 수치적 표현", 대한조선학회 논문집 제32권 제1호.
- 김수영, 강사원 1990 "B-Spline Form Parameter방법에 의한 선형생성", 대한조선학회 proceeding.
- C. Creutz 1977 "Curve and Surface Design from form parameter by means of B-splines", (In Germany), Doctoral Thesis, University of

Berlin.

- G. Farin 1977 "Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design A Practical Guide", Dept. of Computer Science, Arizona State University.
- H. Nowacki 1995 M.I.G Bloor, B. Oleksiewicz , "Computational Geometry for ships", World Scientific, London.
- L. Davis 1991 "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold.
- S. Harries 1998 "Parametric Design and Hydrodynamic Optimization of Ship Hull

Forms", Mensch & Buch Verlag, Berlin

- Z. Michalewicz, 1995 "유전자 알고리즘", 도서 출판



< 김수영 >



< 신성철 >



< 김덕은 >