

범용 CAD 프로그램에서의 응용을 위한 선형 곡면화 방법론에 관한 연구

이준호^{†*}, 김동준^{*}

부경대학교 조선해양시스템공학과^{*}

A Study on Surface Modeling of Hull forms for General purpose CAD program

Joon-Ho Lee^{†*} and Dong-Joon Kim^{*}

Dept. of Naval Architecture & Marine Systems Engineering, Pukyong National University^{*}

Abstract

In this study surface modeling method with 3D curve net is proposed. For surface modeling, ship hull was divided into several parts. Generated surface was loaded general purpose CAD program through IGES file format, and the quality of generated surface model was checked by CATIA's internal function. Lastly it is tried to find a method for improving the accuracy of surface connection by using the blending method in CATIA and the result was discussed.

※Key words: Surface Modeling(곡면화), General purpose CAD program(범용 CAD 프로그램), IGES, CATIA

1. 서론

조선 전용 CAD 시스템은 선박의 설계 및 생산을 위해 최적화된 프로그램으로 선진국으로부터 도입하여 국내 대부분의 대형조선소에서 이용되고 있다. 이들 프로그램은 조선 산업에서 사용이 편한 장점이 있는 반면 사용자가 비교적 제한되므로 개발된 신기술이 계속해서 적용, 버전업이 되지

못하는 단점을 가지고 있다. 이에 반해 범용 CAD 프로그램은 도면을 필요로 하는 거의 모든 분야의 업무를 수행하기 위하여 만들어진 프로그램으로서 개발된 신기술의 적용 주기가 짧고, 개발 업체간 치열한 경쟁 속에서 새로운 기능들을 가진 버전들이 속속 발표되고 있다.

한편 3차원 선형을 범용 CAD 프로그램에서 곡면으로 정의하게 되면 이후 설계과정에서 범용 프로그램의 강력한 CAD기능을 이용할 수 있게 될 뿐만 아니라 CAD 프로그램의 계열제품군들의 CAD외적인 기능과도 정보를 공유할 수 있게 된다. 즉, 최근의 제품 모델링이라고 하는 것이 가능

접수일: 2003년 10월 14일, 승인일: 2004년 1월 7일

†주저자, E-mail: juno0717@hotmail.com

Tel: 051-620-6485

하게 되어 조선소의 정보화가 일관되고, 통합되어 운영될 수 있게 된다. 그러나 범용 CAD 프로그램에서 선박의 3차원 곡선망 정보를 이용하여 자체적으로 곡면을 생성하는 경우 선수미부와 같은 곡률이 심한 부분에 대해서는 충분한 정도를 가지고 표현할 수가 없다. 따라서 범용 CAD 프로그램에서 선형의 곡면화를 수행하기 위해서는 3차원 곡선망에 대한 곡면화 과정이 필요하다.

선체 형상의 곡면화에 대한 연구로는 윤병호 등(1985), 신현경/박규원(1991), 김수영/우일국(1992), 김동준(1993), 김동준/윤태경(1994), 박지선/김동준(1994), 임중현/이규열(1997), 정형배(1998), 신현경 등(2000) 등에 의해서 수행된 바 있다. 하지만 이들의 결과는 범용 CAD 프로그램에서 표준으로 사용하는 NURBS 곡면으로 표현하지 못하거나, NURBS 곡면으로 얻어지더라도 생산 현장에서 사용하기에는 품질의 문제가 있었다. 범용 CAD 프로그램을 이용한 선형 표현에 대한 연구로는 윤덕영 등(1995)이 Intergraph사의 상용 CAD 프로그램의 모델러를 이용하여 선형을 설계할 수 있는 시스템을 개발한 적이 있다.

본 연구에서는 범용 CAD 프로그램에서의 활용을 위하여 벌브와 일반적인 상선의 선미형상을 갖는 선형에 대하여 3차원 곡선망을 이용하여 곡면을 생성하기 위한 방법론을 제안하였다. 곡면으로는 가중치(Weight)를 1로 정의한 NURBS(Non - Uniform Rational B-Spline)곡면을 사용하였다(이하 NUBS 곡면이라 칭함). 선박을 적당한 구획으로 나누어 곡면을 생성하였고 벌브 부분에 대해서는 근사적인 방법을 통하여 곡면을 생성하였다. 이렇게 생성된 곡면을 IGES 파일 포맷으로 변환하여 대표적인 범용 CAD 시스템인 CATIA에서 그 정도를 검증하는 과정을 수행하였다. 그리고 CATIA 상에서 곡면의 접합도를 향상시키기 위한 방법을 찾아보고 그 결과를 분석하였다.

2. 제안된 선형 곡면화

2.1 개요

NUBS(Non - Uniform B-1Spline) 곡면생성을

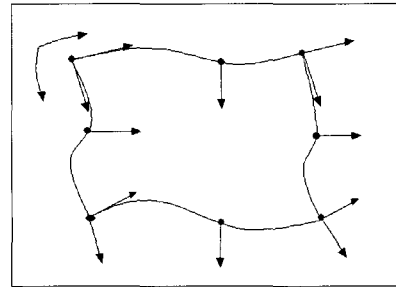


Fig. 1 NUBS Surface generation

위해서는 Fig. 1과 같이 $(m + 1) \times (n + 1)$ 개의 공유점 $\{P_{ij}\}$ 와 u, v 방향의 교차경계접선벡터, $\hat{s}_{m,j} (j=0, \dots, n)$, $\hat{t}_{i,n} (i=0, \dots, m)$, 그리고 모서리 공유점(corner mesh points)에서의 비틀림 벡터 $\hat{x}_{00}, \hat{x}_{m0}, \hat{x}_{0n}, \hat{x}_{mn}$ 이 주어져야 한다 (Rogers 1989; Choi 1991).

선박의 3차원 곡선망에 NUBS 곡면을 적용하기 위해서는 선수미부 등에서의 심한 곡률을 충분히 표현할 수 있을 정도 크기로 구획을 나누는 과정이 필요하다. 아울러 양 방향으로 자료점의 개수가 동일한 격자모양의 자료를 얻을 수 있도록 구획이 나누어져야 한다. 이를 위해서 Fig. 2와 같이 벌브를 제외하고 선박을 6개의 구획으로 나누었다. 편평한 중앙 평행부에 비해 곡률이 심한 선미부에 대해서는 상대적으로 많은 개수의 구획을 설정하고 각각 다른 기준으로 내부 자료점을 생성하였다.



Fig. 2 Hull division for surface modeling

2.2 선미부 곡면화

Fig. 2의 ①번 구획에서 내부 자료점을 생성하기 위하여 선박의 길이 방향으로 스테이션을 일정 간격(1m)으로 생성하여 생성된 스테이션 상에 정해진 자료점의 개수(80개)를 등간격으로 분포시켰

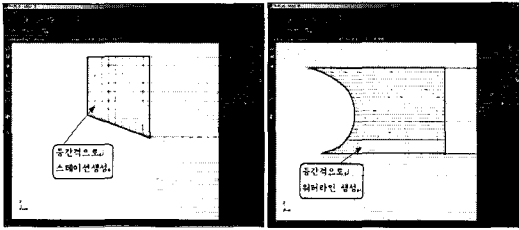


Fig. 3 Internal compartment division at regular intervals

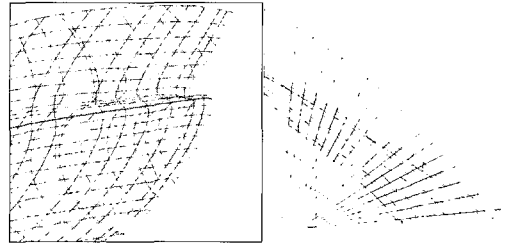


Fig. 4 Intersection of bulb

다(Fig. 3). 이렇게 정의된 자료점들을 이용, NUBS 곡면 생성 방법을 통해 곡면을 피팅하였다. ②번 구획을 제외한 나머지 구획에서 위와 같은 방법으로 곡면을 생성하게 된다.

②번 구획의 경우 선박의 수직 방향으로 워터라인을 일정간격(0.2m)으로 생성하여 생성된 워터라인 상에 정해진 자료점의 개수(80개)를 등간격으로 분포시켜 NUBS 곡면을 생성하게 된다.

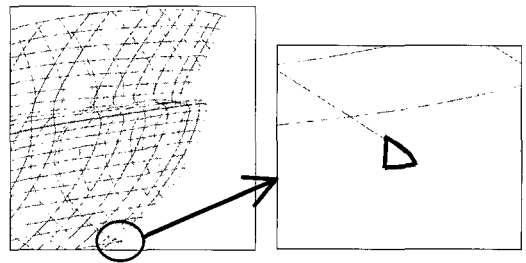


Fig. 5 Triangular patch

2.3 선수부 곡면화

벌브를 가지는 선수부의 경우 스테이션 혹은 워터라인 만을 가지고 NUBS 곡면을 구성할 경우 곡면 품질 등의 문제가 발생하였다. 그래서 Hermite Coons 면조각 생성방법(Rogers 1989; Choi 1991)을 이용하여 근사적으로 NUBS 곡면을 구성하는 방법을 제안하였다.

2.3.1 선수부의 격자생성

벌브 부분의 곡면을 정의하기 위해서는 사각형 형태로의 전환이 필요하다. 그래서 벌브 부분의 시작 스테이션을 기준으로 5° 간격으로 방사선모양의 절단면을 선수방향으로 전진하면서 나누어 격자를 구성하였다(Fig. 4).

그런데 격자 구성에 의해서 사각형 면조각을 생성하다 보면 Fig. 5에서와 같이 선저 부근에서 삼각형 형상의 면조각이 나타나게 된다. 따라서 사각형 NUBS 근사곡면의 생성과 더불어 삼각형 형상의 곡면 생성도 고려해야 한다.

2.3.2 사각형 NUBS 근사곡면

2.2절의 선미부에서 정의한 사각형 면조각의 NUBS 근사 곡면을 생성하기 위하여 각 방향별로 같은 개수의 공유점을 생성하는 과정이 필요하다.

(1) 산출점(Generation point)의 생성

경계곡선을 구성하는 각각의 곡선 상에 산출점을 등간격으로 발생시킨다. 여기서 산출점이란 원래의 곡선 형상을 유지하기 위해 최소한의 개수를 가지는 점들을 의미한다.

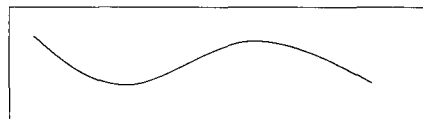


Fig. 6 Original boundary curve

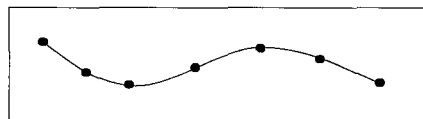
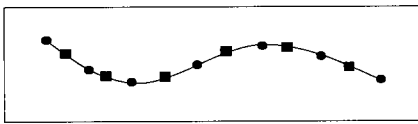


Fig. 7 Making generation point

Figs. 6, 7 에서는 원래의 곡선과 산출점이 생성된 후의 모습을 보이고 있다.

(2) 정확도 확인

각 산출점 사이 거리의 1/2 지점에 오차허용도 확인점(Tolerance Check Point)을 Fig. 8에서와 같이 설정한다. 그리고 각 확인점에서 원래의 곡선과 비교하여 최소거리가 오차허용도 값 이내이면 인정한다. 그리고 오차허용도를 만족할 때까지 점의 개수를 1개씩 증가시켜 가며 반복 수행한다.



- : Generation point
- : Tolerance check point

Fig. 8 Setting and check of tolerance

(3) 산출점 개수의 일치

면조각에서 각 방향 별 경계곡선의 곡선식이 서로 다르므로 산출점의 최소 필요 개수 또한 달라지게 된다. 산출점의 개수를 일치시키기 위해서 각 방향의 경계곡선 중에서 가장 많은 산출점의 개수와의 차이만큼 해당 곡선에 추가적으로 생성하게 된다(Fig. 9).

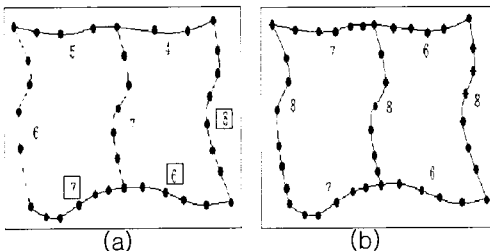


Fig. 9 Accordance of generation point number

2.3.3 삼각형 NUBS 근사곡면

2.3.1절의 삼각형 면조각에 대한 NUBS 근사곡면의 기본 개념은 Hermite Coons 면조각 생성방법에서 4개의 모서리 점 중에서 Fig. 10에서 보는

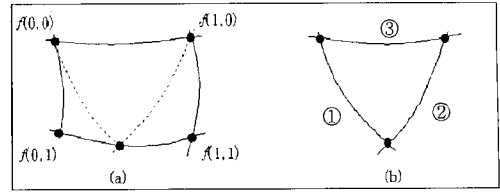


Fig. 10 Main idea of triangle mesh generation

바와 같이 이웃한 두 점을 한 점으로 일치시키는 것이다.

앞서 설명한 자료점 정렬 과정을 거쳐 ①, ②, ③ 곡선에 대하여 각각 산출점을 발생시킨다. Fig. 10(b)의 경우 경계곡선①과 ②는 서로 마주보는 곡선으로 정의되므로 산출점의 개수가 같아지고 같은 선상에서의 시작벡터와 끝벡터가 존재하게 된다. 그리고 경계곡선③에서의 산출점들의 벡터는 경계곡선①과 ②의 교점으로 향하게 된다.

2.3.4 벌브의 곡면화 결과

Fig. 11은 벌브 부분을 곡면화하여 음영화(Shading)를 수행한 후의 모습이다. 오른쪽 그림은 선수선저 부근에서의 삼각형 면조각을 곡면화하여 확대한 것이다.

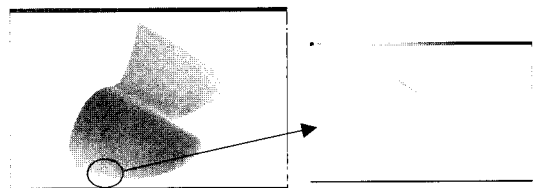


Fig. 11 Shading of bulb

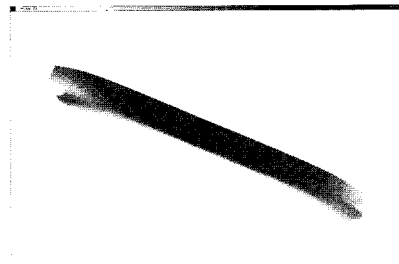


Fig. 12 Shading of overall hull form

2.4 전체 형상의 곡면화 결과

Fig. 12에서는 구획에 의한 곡면화와 밸브 부분의 곡면화를 동시에 수행한 전체 선형의 곡면화 결과를 보이고 있다.

3. 범용 CAD 프로그램과의 연결

본 연구에서 범용 CAD 프로그램으로는 기계, 자동차, 항공기 설계 분야에서 널리 사용되고 있는 CATIA를 선택하였다.

3.1 곡면의 CATIA Loading

곡면화 과정을 거쳐서 생성된 전체 선박의 곡면 형상을 IGES 파일 포맷으로 변환하여 CATIA에서 읽어 들였다. IGES파일은 여러 기종의 CAD/CAM 시스템들 사이에서 데이터 교환이 될 수 있도록 하는 대표적인 중립파일이다(Smith 1988).

곡면화에 사용된 모델선의 재원은 다음과 같다.

DWT 44000 MT PRODUCT CARRIER
 LBP : 168 m, B : 30.4 m, D : 18 m
 T : 12 m, Lcb : 4.04 m, Cb : 0.8033

3.2 빛의 반사를 이용한 곡면 품질 분석

Fig. 13에서 빛의 반사에 의해서 곡면의 품질을 관찰해 본 결과 선수부에 대해서는 비교적 부드러운 곡면을 관찰할 수 있었으나 선미부의 곡면 품질이 다소 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다.

3.3 CATIA 기능에 의한 곡면 접합도 분석

CATIA에서 제공되는 Connect Checker 기능을 이용하여 곡면 접합부의 C_0 , C_1 연속조건을 검토해 보았다. Fig. 14에서의 곡면간 간격과 접합도를 수치적으로 표현하여 분석해 보았다.

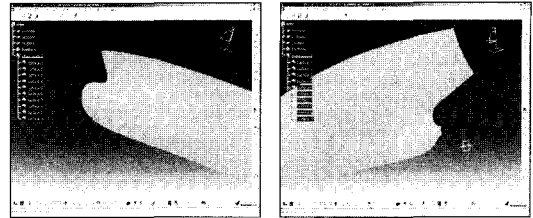


Fig. 13 Survey of after and fore body by reflection

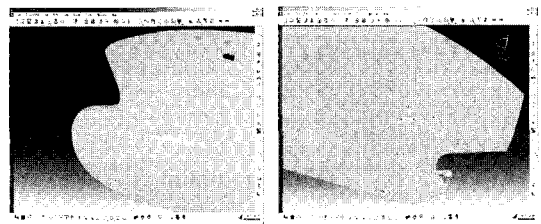


Fig 14 C_0 , C_1 continuity at surface connection Unit : m

Table 1에서 보는 바와 같이 선수부에서는 곡면간의 간격이 0으로 접합이 제대로 이루어져 있으나 선미부에서 곡면간 접합부에서 1.51 ~ 4.2 mm(전체 선박 길이의 약 0.000008988 ~ 0.000025 %)의 간격을 보이고 있다.

Table 1 Distance of surface connection

PART	Gap of connection(mm)	
	MIN	MAX
Fore	0	0
After	0	1.51 ~ 4.2

Table 2 Tangency of surface connection

PART	Tangency of connection (deg)	
	MIN	MAX
Fore	0.00336~0.0268	0.0268 ~ 2.6435
After	0.00954~0.00186	0.165 ~ 4.8305

Table 2의 곡면접합부에서의 접선 벡터들의 차이 분포를 살펴보면 선수미부에 걸쳐 0.00336 deg ~ 4.83 deg까지 곡면간 접합부에서 접선 벡터방향의 차이를 확인할 수 있었다.

3.4 CATIA 기능에 의한 곡면 접합

곡면접합의 정도를 높이기 위하여 CATIA에서 제공하는 혼합(blending)기능을 이용하여 곡면접합을 시도하였다. 선미부분의 곡면 생성 시 선박의 길이방향으로 스테이션 간격의 5%, 높이 방향으로 워터라인 간격의 10% 간격을 두어 Fig. 15에서와 같이 곡면을 생성한 후에, 그 간격에 대해 균일한 접선 벡터를 가지는 곡면으로 채움으로써 곡면간 접합도의 향상을 기대하였다(Fig. 16).

곡면의 혼합을 수행하고 Connect Checker 기능을 이용하여 측정한 결과를 수치적으로 나타내면 다음과 같다.

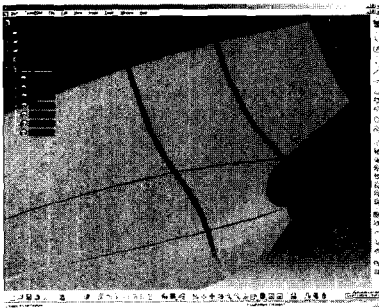


Fig. 15 Surface generation for blending

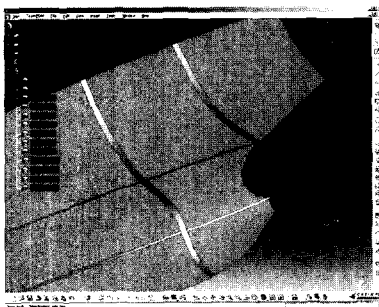


Fig. 16 Surface blending

Table 3, 4의 측정 데이터를 Table 1, 2의 결과 데이터와 비교해 볼 때 기대했던 만큼의 정도 향상을 확인할 수 없었다. 이는 혼합 기능이 두 곡면을 로프트(Loft) 하는데 지나지 않으므로 곡률이 심한 부분에서는 곡면간 간격이 충분히 메워지지

Table 3 Distance of surface connection

PART	Gap of connection(mm)	
	MIN	MAX
After	0	4.63 ~ 9.77

Table 4 Tangent of surface connection

PART	Tangency of connection (deg)	
	MIN	MAX
After	0.0102~ 0.321	0.562 ~ 5.75

않았기 때문이라고 판단된다.

3.5 자료점 개수 증가에 따른 곡면 접합

구획에 의한 NUBS 곡면 생성 시 각각의 구획에는 일정간격으로 스테이션 혹은 워터라인이 생성된다. 하나의 스테이션 혹은 워터라인 상에는 기본적으로 80개의 자료점으로 정의되어 있는데 여기에서는 각각 40개, 80개, 160개 등으로 자료점의 개수에 변화를 주어 곡면 접합 부분에 대한 연속 여부를 확인하였다.

Table 5에서 곡면간 간격분포는 자료점 개수가 증가함에 따라 어느 정도의 향상을 확인할 수 있었고 접합부 접선 벡터 차이 분포에서도 자료점 개수가 증가할수록 향상되고 있음을 볼 수 있다.

Table 5 Tangent of surface connection

point	Gap of connection(mm)		Tangency of connection (deg)	
	MIN	MAX	MIN	MAX
40	0	4.21 ~ 9.43	0.00461~ 0.0446	0.287~ 4.8402
80	0	4.19 ~ 9.38	0.00167~ 0.0399	0.284~ 4.8149
160	0	4.19 ~ 9.38	0.00393~ 0.0366	0.112~ 4.8084

그러나 개수가 증가할수록 프로그램의 데이터가 증가하게 된다. 이로 인해 계산 속도가 저하되고, 계산 시간이 증가하므로 적절한 선택이 필요하다.

본 연구에서 선택한 선박의 규모에서는 대략 80~100여개 정도의 자료점으로 구성하는 것이 적절하다 하겠다.

4. 결론

본 연구에서는 범용 CAD 프로그램에서의 응용을 목적으로 선박의 3차원 곡선망을 곡면화 하기 위한 방법론을 제시하였다. 그리고 대표적인 3차원 CAD 시스템인 CATIA에서 그 정도를 확인하였다.

범용 CAD 프로그램에 연결하기에 앞서 선곡면화 과정을 거치게 되는데 그 방법은 다음과 같다. 선박을 몇 개의 사각형 구역으로 나누어 각각에 대하여 일정 개수의 자료점을 분포시키는 NUBS 근사 곡면을 생성하였다. 그리고 벌브 부분에서의 곡면의 품질을 높이고자 경계곡선 상에 자료점을 정렬하고, 내부 점들을 발생시켜 근사적으로 NUBS 곡면을 피팅할 수 있는 방법론을 제시하였고, 삼각형 형상의 면조각을 정의하기 위한 방법론을 소개하였다. 이렇게 생성된 곡면에 대하여 대표적인 중립파일인 IGES 파일 포맷으로 변환시켜 CATIA에서 읽어 들인 후 그 정도를 확인하는 과정을 수행하였다.

향후 선형의 곡면화 방법론에 대한 여러 각도에서의 접근이 필요하고, CATIA의 기능에 의해 분석된 접합부의 오차에 대하여 실제 허용 가능한 범위의 기준을 세우는 과정이 필요하다.

참 고 문 헌

- 김동준, 1993, "B-spline 곡면을 이용한 선수미부의 곡면화에 관한 연구," 제 4차 CSDP 연구 결과 보고서.
- 김동준, 윤태경, 1994, "선형의 순정기법에 관한 기초 연구," 대한조선학회 논문집, 제31권, 제2호, pp. 15-21.
- 김수영, 우일국, 1992, "B-spline 곡면기법을 이용한 곡면형상 도출," 대한조선학회 논문집, 제29권, 제3호, pp. 1-14.
- 박지선, 김동준, 1994, "GC'곡면을 이용한 선형의 표현," 대한조선학회 논문집, 제31권, 제4호,

pp. 32-40.

- 신현경, 박규원, 1991, "Open 균일 B-spline 곡면을 이용한 선체 곡면 표현에 관한 연구," 대한조선학회 논문집, 제28권, 제2호, pp. 21-27.
- 신현경, 박규원, 박호균, 김일환, 2000. "NURBS 곡면을 이용한 선형표현에 관한 연구 - 자유곡면 가공기계 개발 (1)," 대한조선학회 논문집 제 37권, 제2호, pp. 109-117.
- 윤덕영, 조학중, 이원준, 우일국, 1995, "상용 CAD 시스템을 이용한 선형설계 시스템 개발," 대한조선학회 선박설계연구회, pp. 289-296.
- 윤병호, 서승완, 김원돈, 김광욱, 1985, "B-spline을 이용한 선체 표현에 관한 연구," 대한조선학회지, 제22권, 3호, pp. 19-26.
- 임중현, 이규열, 1997, "베지에 곡선모델(드카스텔조 알고리즘)을 이용한 곡면통합 모델링 기법," 대한조선학회 논문집, 제34권, 제4호, pp.127-138.
- 정형배, 1998, "NURBS Surface Global Interpolation에 대한 한 방법 II," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제3권, 4호, pp. 243-250.
- Choi, B. K., 1991, "Surface Modeling for CAD/ CAM," ELSEVIER, pp. 139-172.
- Rogers, D. F., Adams, J. A., 1989, "Mathematical elements for computer graphics," 7th edition, McGraw-Hill.
- Smith, B., Rinaudot, G.R., Reed, K. A., Wright, T., 1996. "Initial Graphics Exchange Specification (IGES) version 5.3," National Bureau of Standards



< 이 준 호 >



< 김 동 준 >