

NURBS 기법을 이용한 선체선도 형성에 관한 연구

박제웅 · 이동기
조선대학교 선박해양공학과

A Study on the Generation of Ship Hull Lines Using NURBS Method

JE-WOONG PARK AND DONG-GI LEE
Cho-Sun University, Dong-Gu Kwang-ju 501-759, Korea

KEY WORDS: B-Spline 자유형상설계기법, NURBS Non-uniform rational B-Spline, 2DSURF NURBS기법을 이용해 개발한 CAD S/W, Tribon 선박전용 CAD S/W, Knot 매듭값

ABSTRACT: In general, free form design depends on B-spline which is used for the generating hull lines in most of shipyards. But, nowadays, the NURBS method is applied to free form modeling method, which is able to more flexible transformation than B-Spline, and then became industrial standard in the various field. Therefore, this method has been considerably applied in new application fields which are required free form modelling. In this paper, the program called 2DSURF with 5 modules and developed for the generation of hull lines is described. It is examined whether the program can be applied to body lines, sheer lines, and half breadth lines.

1. 서 론

현재 대부분의 조선소에서는 선박의 선형과 같은 자유형상 설계(우, 1992)는 컴퓨터에 의존하여 설계를 실시하고 있다. 이러한 자유형상을 표현하고자 할 때는 설계자가 의도하는 바를 정확하게 전달하기 위하여 충분히 정확성을 가지고 있는 곡선 및 곡면 알고리즘 기법이 도입되어야 한다.

현재 사용되고 있는 조선산업 S/W는 선형의 곡선 및 곡면의 표현에 있어서 B-Spline 기법이 사용되고 있으며, 이 기법은 선박의 자유형상 표현방법에 있어서 상당히 우수한 것으로 평가되고 있다.

그러나 NURBS(Non-UniformRational B-Spline)(이, 1997; Edward, 1990) 기법은 곡선과 곡면의 보다 자유로운 변화가 용이하고, 자유 곡선 및 위주곡선까지 하나의 방정식으로 표현 가능하여 조선분야 이외에서는 자유형상을 모델링하는 데 주요 연구 대상으로 삼고 있으며 이를 응용하는 추세이다. 특히 금형 가공을 할 경우, CAD로 디자인된 금형 형상을 적절한 툴러런스를 지정한 미소직선으로 유추하여 NC 파트 프로그램을 생성하는 것이 보통이다. 하지만 이 방식에는 데이터가 대량으로 되는 고속 프로그램 전송이 필요하거나, 가공면에 모서리 나는 등의 문제가 있다. 따라서 금형가공에서는 CAD 디자인된 형상에서 곡선을 정의하는 프로그램을 직접 NC에 지시하고 NC자체가 곡선을 보간하여 가공하는 NURBS보간을 사용하고 있다.

일반적으로 조선분야의 선체선도생성은 선박의 특성상 정확한 생성이 어려워 선도수정을 수 차례에 걸쳐 행해지고 있으며 여기서 사용하는 것이 B-Spline 기법이라 할 수 있다. 그러

나 본 연구에서는 Lines(선체선도)의 특성인 선수, 선미와 같은 복잡한 부분의 선도생성의 어려움으로 아직까지 조선분야에서 활용을 회피하고 있는 NURBS기법이 정원,구등의 표현정도가 정확하므로 이러한 장점을 잘 이용하면 좋은 결과를 얻을 수 있다고 보아 NURBS기법을 접목하여 B-Spline과 비교분석을 하고자 하였고 이를 통하여 선체선도의 정확한 생성자료를 생산설계도면, 즉 현도자료를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구 개요

선체 선도와 같은 자유곡선 및 곡면을 설계할 때는 설계자의 의도가 선박 건조과정에 정확하게 전달·수행하기 위하여 자유형상에 관하여 수학적으로 표현하고 이를 컴퓨터 모델화하여 자유형상을 표현해야만 한다. 따라서 본 연구과제를 수행하기 위하여 우수한 곡선의 성질을 가지고 있는 NURBS 기법을 도입하였다. 그 연구방법으로써,

첫째, NURBS의 근간을 이루고 있으며, 현재 조선소등에서 자유형상설계의 주요기법으로 사용되고 있는 B-Spline 기법 및 자유형상 모델링에서 산업계의 표준으로 자리잡고 있는 NURBS 기법에 대한 이론적인 설명과 특징(月機械設計, 1998)을 논하고

둘째, 이 NURBS 기법을 실제 컴퓨터에 모델화 하여 CAD S/W를 개발하고

셋째, 개발된 Program으로 2DSURF 곡선을 표현함과 동시에 선도(징면도, 측면도, 반쪽도)를 작성하여 Program을 검증하고 연구로부터 얻어진 결론을 기술하였다.

3. 자유 형상 표현 방법

3.1 B-Spline 기법

B-spline 기법은 일반적으로 $(n+1)$ 개의 점에 대하여 아래와 같은 식이 주어졌으며, 주어진 점들에 의해서 곡선이 변환(Tribon, 1995)다고 하고 그 곡선을 유도하면 다음과 같다. 즉,

$$R_i(u) = N_{0,i}(u)Q_{i-1} + N_{1,i}(u)Q_i + N_{2,i}(u)Q_{i+1} + N_{3,i}(u)Q_{i+2} \quad (i=1, 2, \dots, n-2) \quad (3.1)$$

(여기서, Q_i : 주어진 점, $N_{i,j}(u)$: 블렌딩 함수, $R(u)$: 곡선 $N_{i,j}(u)$ 의 4는 4차식을 의미함)

상기식은 임의의 매개 변수 u (0과 1사이에 있음)에 의하여 곡선 $R(u)$ 가 결정되고 곡선의 모양은 Q_i 에 의하여 조정될 수 있고 그 조정되는 모양은 $N_{i,j}(u)$ 에 행해지고 $N_{i,j}(u)$ 에 의하여 B-Spline의 특징이 결정된다는 것을 의미한다. 또한 $N_{i,j}(u)$ 를 구하기 위해서는 이웃하는 두 개의 단위 곡선 $R_i(u)$ 와 $R_{i+1}(u)$ 에 대하여 다음의 조건이 고려된다.

조	조	조	조
건	건	건	건
식	식	식	식
위치연속조건	$R_i(1) = R_{i+1}(0)$		
접선 연속조건 (1차미분연속)	$R_i'(1) = R_{i+1}'(0)$		
곡률 연속 조건 (2차미분연속)	$R_i''(1) = R_{i+1}''(0)$		

일반적으로 B-spline 곡선의 모든 블렌딩 함수를 전개해 내는 일은 그리 간단한 작업이 아니며, 특히 B-spline의 오더(order)인 k 가 높은 숫자일수록 더욱 어려워진다. 따라서 곡선상의 점의 좌표를 보다 쉽게 계산하기 위해 Cox de Boor 알고리즘(이, 1996)을 이용하게 되었으며 그 과정은 다음과 같다.

여기서 u 가 $t_i \leq u < t_{i+1}$ 의 범위에 있을 때 $R(u)$ 를 계산하는 과정에서 Cox de Boor 알고리즘 유도는 $N_{i,j}(u)$ 만 고려하면 되므로, Fig. 1에서와 같이 $N_{i,1}(u)$ 의 영향을 확산시키면,

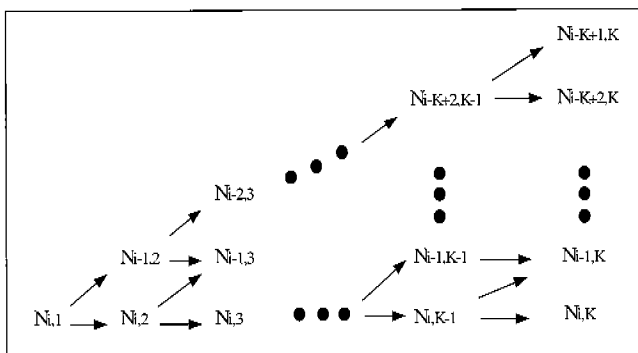


Fig. 1 Expanding form of $N_{i,1}$ influence

고려하여야 할 블렌딩 함수는 $N_{i-k+1,k}, \dots, N_{i,k}$ 가 된다. 그러므로 곡선의 방정식 $R(u)$ 는

$$R(u) = \sum_{i=0}^k Q_i N_{i,k}(u) = \sum_{i=i-k+1}^i Q_i N_{i,k}(u) \quad (3.2)$$

이 된다.

여기서 비주기적 B-spline의 블렌딩함수인 식(3.3)을 (3.2)에 대입하면

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u-t_i)N_{i,k-1}(u)}{t_{i+1}-t_i} + \frac{(t_{i+k}-u)N_{i+1,k-1}(u)}{t_{i+k}-t_i} \quad (3.3)$$

가 되고 식(3.2)을 식(3.3)에 대입하면 식(3.4)이 유도된다.

$$\begin{aligned} R(u) &= \sum_{i=i-k+1}^i Q_i \left[\frac{(u-t_i)N_{i,k-1}}{t_{i+1}-t_i} + \frac{(t_{i+k}-u)N_{i+1,k-1}}{t_{i+k}-t_i} \right] \\ &= \sum_{i=i-k+1}^i \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} Q_i N_{i,k-1} + \sum_{i=i-k+1}^{i-1} \frac{t_{i+k}-u}{t_{i+k}-t_i} Q_{i+1} N_{i,k-1} \\ &= \sum_{i=i-k+2}^i \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} Q_i N_{i,k-1} + \sum_{i=i-k+2}^i \left[1 - \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} \right] Q_{i-1} N_{i,k-1} \\ &= \sum_{i=i-k+2}^i \left[\frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} Q_i + \left(1 - \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} \right) Q_{i-1} \right] N_{i,k-1} \end{aligned} \quad (3.4)$$

단, $i+1=j$

그리고 $Q_i' = \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} Q_i + \left(1 - \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} \right) Q_{i-1}$ 라면 식(3.4)는 다음과 같이 간략하게 표현할 수 있다.

$$R(u) = \sum_{i=i-k+2}^i Q_i' N_{i,k-1} \quad (3.5)$$

이때 Q_i' 는 Q_i 와 Q_{i-1} 을 내분하는 점임을 알 수 있다. 식(3.5)에서 식(3.2)를 사용하여 $N_{i,k-1}$ 을 $N_{i,k-2}$ 와 $N_{i+1,k-2}$ 의 조합으로 표시하여 다시 대입하고 위와 유사한 과정을 반복하면 다음의 식이 유도된다.

$$R(u) = \sum_{i=i-k+2}^i Q_i'' N_{i,k-2} \quad (3.6)$$

여기서 Q_i'' 는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_i'' = \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} Q_i' + \left[1 - \frac{u-t_i}{t_{i+1}-t_i} \right] Q_{i-1}' \quad (3.7)$$

즉, Q_i'' 도 Q_i' 과 Q_{i-1}' 을 내분하는 점이다. 이와 같은 과정을 계속 반복해서 임의의 r 번째에서는 다음 식이 성립된다.

$$R(u) = \sum_{i=i-k+r+1}^i Q_i^r N_{i,k-r}(u) \quad (3.8)$$

여기서 Q_i^r 은 다음과 표현된다.

$$Q_i^r = \frac{u-t_i}{t_{i+r}-t_i} Q_i^{r-1} + \left(1 - \frac{u-t_i}{t_{i+r}-t_i} \right) Q_{i-1}^{r-1} \quad (3.9)$$

식(3.8)를 r 이 $k-1$ 이 될 때까지 적용하면 결국 다음과 같은 식이 얻어진다.

$$R(u) = Q_i^{k-1}(u) N_{i,1} = P_i^{k-1}(u) \quad (3.10)$$

즉, $t_i \leq u < t_{i+1}$ 를 만족하는 u 값에서의 곡선상의 점의 좌표는 조정점을 계속 내분해 가서 얻어지는 점 Q_i^{k-1} 의 좌표와 같다.

3.2 NURBS 기법

NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)는 다음과 같은 특징(月 刊機械設計, 1998)을 가지고 있다.

첫째, Non-Uniform이란 「규칙적이지 않은」 의미로써 Knot간의 간격이 일정하지 않을 수 있고 기능에 의해 다양한 곡선을 표현할 수 있다.

둘째로 Rational(유리다항식)이란 한 꼭지점이 곡선에 미치는 영향의 양을 결정하는 것이라고 할 수 있다.

셋째로 B-Spline의 특징은 무엇보다도 곡선의 연결성과 수정의 편리성으로 꼭지점의 위치를 이동하여 곡선의 형태를 수정하여도 연결성이 보장된다는 의미이다.

따라서 B-Spline 곡선에서 Knot의 간격이 일정치 않은 때 유도되는 비균일 B-Spline 함수를 블렌딩 함수로 사용한다는 점에서 비균일 B-Spline 곡선과 다른점은 없다. 그러나 비균일 B-Spline 곡선에서는 조정점의 x, y, z좌표를 각각 이들 블렌딩 함수로 섞어주면 되지만, NURBS 기법을 이용한 곡선에서는 조정점을 웨이트를 사용하여 각각을 $(x \cdot w, y \cdot w, z \cdot w, w)$ 의 형태로 표시하고 이 들 네 개의 좌표를 블렌딩 함수로 섞어주면 된다. 다시 말해 NURBS 곡선상의 점을 $(x \cdot w, y \cdot w, z \cdot w, w)$ 라 하면,

$$x \cdot w = \sum_{i=0}^n (w_i \cdot x_i) N_{i,k}(u) \tag{3.11}$$

$$y \cdot w = \sum_{i=0}^n (w_i \cdot y_i) N_{i,k}(u) \tag{3.12}$$

$$z \cdot w = \sum_{i=0}^n (w_i \cdot z_i) N_{i,k}(u) \tag{3.13}$$

$$w = \sum_{i=0}^n (w_i) N_{i,k}(u) \tag{3.14}$$

에 의해 얻어진다.

그런데 NURBS 곡선상의 점 x, y, z 좌표는 (3.11), (3.12), (3.13)를 (3.14)로 나누어주면 되므로, NURBS 곡선의 방정식 $R(u)$ 는 다음과 같이 유도된다.

$$R(u) = \frac{\sum_{i=0}^n w_i Q_i N_{i,k}(u)}{\sum_{i=0}^n w_i N_{i,k}(u)} \quad (0 \leq u < n - k + 2) \tag{3.15}$$

위 식에서 Q_i 는 일반 B-Spline 곡선에서와 같이 조정점의 x, y, z 좌표를 의미한다. 여기서 식 (3.15)에서 모든 조정점의 호모지니어스 좌표 w_i , 즉 웨이트를 1로 하면 일반 B-Spline 곡선과 같게 될 것이다. 이는 $w_i=1$ 로 하면 분모항이 $\sum_{i=0}^n N_{i,k}(u)$ 가 되므로 1이 되기 때문이다. 따라서 NURBS 곡선은 B-Spline 곡선을 포함하는 더 일반적인 형태라고 할 수 있다(Fig.2)

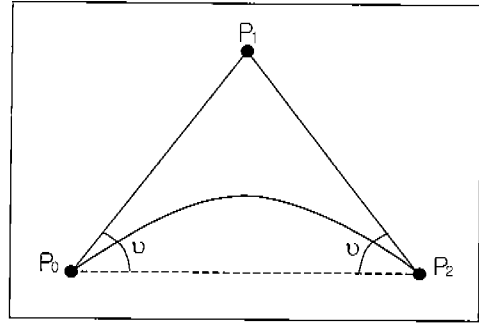


Fig. 2 NURBS representation in the circular arc.

단편적인 한 예로 원호를 NURBS곡선으로 나타내는 법에 대해 살펴보면, 우선 주어진 원호를 정확히 나타내는 NURBS곡선의 조정점의 좌표(호모지니어스 좌표값 포함), 오더 k, 매듭값 등을 유도해야 한다. 임의의 원호는 이차식으로 표시되므로 일단 k는 3이 되어야 함을 짐작할 수 있을 것이다. 또한 조정점을 세 개로 할 경우 양 끝점에서의 미분 벡터와 조정 다각형과의 관계에 의해 Fig 2와 같이 P_0, P_1, P_2 가 구해져야 함을 짐작할 수 있을 것이다. 즉, $P_1 - P_0$ 는 원호의 시작점에서의 접선 벡터의 방향이고 $P_2 - P_1$ 는 원호의 끝점에서의 접선 벡터의 방향이다. 다음으로 각각의 조정점 P_0, P_1, P_2 의 호모지니어스 좌표값 w_0, w_1, w_2 를 구해야 하는데 실제로 이들 w_0, w_1, w_2 가 단순히 1의 값을 갖지 않기 때문에 원호를 더 정확하게 표현하게 되는 것이다. 즉 (Piegl, 1987)의해 $w_0, w_2=1$ 로 하고 w_1 은 $\cos \theta$ 로 하면 원호를 정확하게 나타낼 수 있는 것이다.

그리고 NURBS곡선의 표현 다음 3개의 요소에 의해서 정의되는 함수로서 표현된다.

- 제어점(control point) : 곡선의 위치를 부여한다. 통상 곡선상에는 존재하지 않는다.
- 웨이트(weight) : 제어점의 가중값을 부여한다. 즉, 제어점의 「인력」과 같은 것으로서 제어점 이 크면 곡선은 그 제어점에 근접한다. 이것은 Fig. 3에서 예를 보여준다.

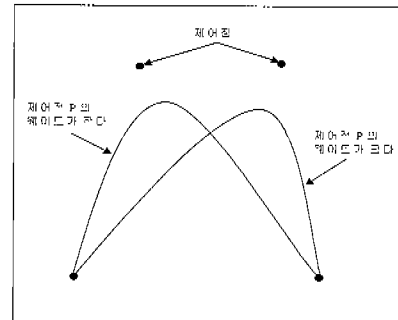


Fig. 3 Effect of weight

- 노드 벡터(knot vector) : NURBS 곡선은 파라미터 t의 변화에 따른 함수로서 표현되지만, 노트는 곡선상의 각 항목(노트)에서 t값을 부여한다. 노트의 열을 노드 벡터라고 부른다. 노드 벡터의 변화가 작은 경우, 볼의 흐름에서 예를 들면 짧은 시간에 빨리 흐르는, 즉 급류와 같은 형상으로 되고, 변화가 큰 경우에는 완만한 형상이 된다 이것은 Fig. 4에서 예를 보여준다.

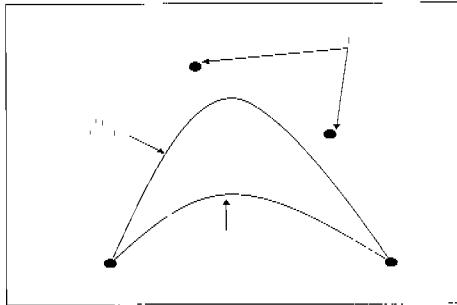


Fig. 4 Effect of knot

이러한 NURBS 곡선은 일반적인 B-Spline 곡선에 비해 곡선 신역에서 충분히 매끄럽고(1계 미분, 2계미분) 원, 타원, 포물선, 쌍곡선의 원추곡선을 표현할 수 있으며 나아가서 직선을 포함한 단일 표현의 가능 및 곡선의 곡소식 변경이 가능하다.

4. NURBS기법을 이용한 선체선도 형성 표현 개발

컴퓨터를 이용한 선체선도형상의 표현 방법에는 여러 가지 기법들이 있으며, 현재 대부분의 대형 조선소에서 사용하고 있는 TRIBON(Foley et al., 1997)과 같은 외국의 우수한 조선전용 S/W의 B-Spline기법을 사용하고 있다. 하지만, 현재 급형가공을 원하는 산업계에서나 디자인 업계에서는 자유형상 모델링의 표현기법으로서 NURBS 기법을 사용하고 있으며, 또한 이 기법이 표준화로 자리 잡아가고 있다. 따라서, NURBS 기법을 사용하여 선박의 선체선도 형상에 가능성을 시험하기 위한 표현 프로그램을 개발하였다.

4.1 프로그램 특징 및 구성

본 연구에서 개발된 선체선도 형성 표현 S/W인 2DSURF 프로그램은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 자유형상 표현기법에 NURBS 기법이 사용되었다.
- 곡선이 생성될 때는 조정점들의 입력에 의해서 곡선이 생성된다
- 간단한 조작으로 정면도(body plan), 측면도(sheer plan), 반폭도(half breadth plan)등을 선택 할 수 있으며 이러한 Plan들은 이미 기본적으로 각각의 Plan에 맞도록 수신(water line), 머북선(buttock line), 기선(base line), 중심선(center line), 최대형폭선, 최대높이선등이 자동적으로 생성되게 되어있다.
- 곡선 뿐만 아니라 조정점(control point) 및 조정선(control line)들이 화면상에서 확인 가능하다.
- 조정점의 좌표값을 가지고 있는 데이터를 파일로 저장(*.dat),

다시 복원할 수 있다.

본 연구에서 개발한 프로그램은 원하는 Plan을 선택하는 프로그램, 선도를 컴퓨터 화면상에서 입력조작으로 선도의 생성 및 수정, 저장하는 프로그램, 조정점(control point), 조정선(vertex line)을 확인할 수 있는 프로그램등 5개 프로그램으로 구성되어 있다. Fig. 5는 2DSURF S/W의 프로그램 구성도를 나타낸다.

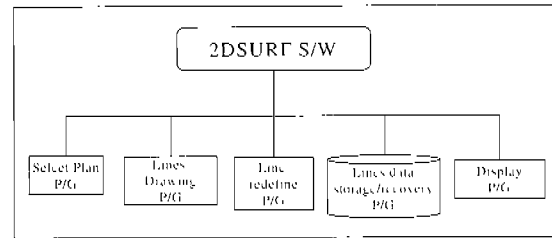


Fig. 5 Configuration of 2DSURF S/W

4.2 프로그램의 기능 (2DSURF)

4.2.1 Select Plan 프로그램

Select Plan 프로그램은 선도의 Plan을 선택하는 기능이다. 여기서 정면도(body plan), 측면도(sheer plan), 반폭도(half breadth)등을 선택할 수 있다.

Fig. 6은 Select Plan 프로그램의 수행시 선택할 수 있는 각 Plan 등을 나타낸다

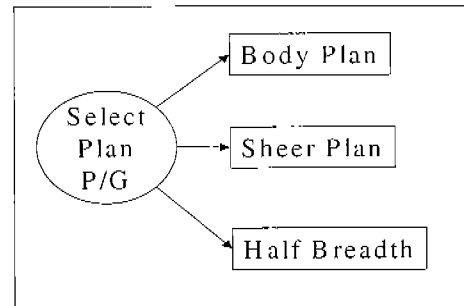


Fig. 6 The Organization of select plan P/G

4.2.2 Lines Drawing 프로그램

선도 생성 프로그램의 수행은 Fig. 7과 같은 순서로 되어 있다.

4.2.3 Lines data storage 프로그램(선도저장)

선도 저장 프로그램은 선도생성 후 선택된 Plan상에 생성된 선도를 데이터베이스에 파일로 저장시키기 위한 목적으로 만들어진 프로그램이다. 이 프로그램 수행 후 정면도는 body.dat 파일, 측면도는 sheer.dat 파일, 반폭도는 half.dat 파일 형식으로 데이터 베이스가 생성된다. 이 생성된 *.dat 파일은 선도의 조정점(control point)에 대한 정보를 가지고 있는 ASCII파일로 구성되어 있다. 물론 저장된 이 *.dat 파일을 이용하여 다시 각 Plan 상에 다시 복원시킬 수 있다. Fig. 8은 선도를 데이터베이스에 저장하는 흐름도를 나타낸다.

Fig. 9는 정면도에 생성된 Curve 1과 Curve 2의 예를 나타내며, 이 정면선도들에 대하여 데이터 베이스에 body.dat 파일형

식으로 저장시킬 수 있다.

다음은 Fig. 9로부터 생성된 Curve 1과 Curve 2에 대한 body.dat 파일의 저장된 형식을 보여준다.

여기서 Curve 1은 처음 줄부터 시작하고, Curve 2는 한 줄 띄어서 다음 줄에서 시작된다. 즉 처음 곡선은 파일의 처음 줄부터 시작하고 다음곡선은 한 줄 띄어서 다음 줄부터 시작된다.

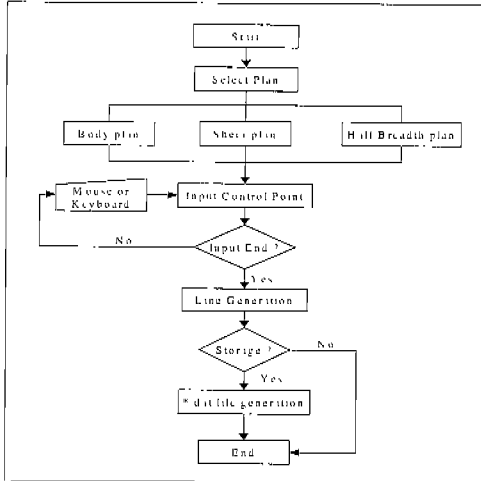


Fig. 7 Flow-chart lines generation

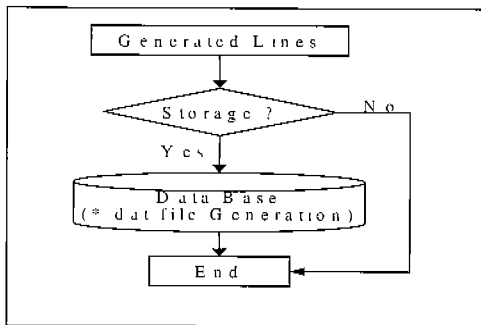


Fig. 8 Flow-chart of lines storage program

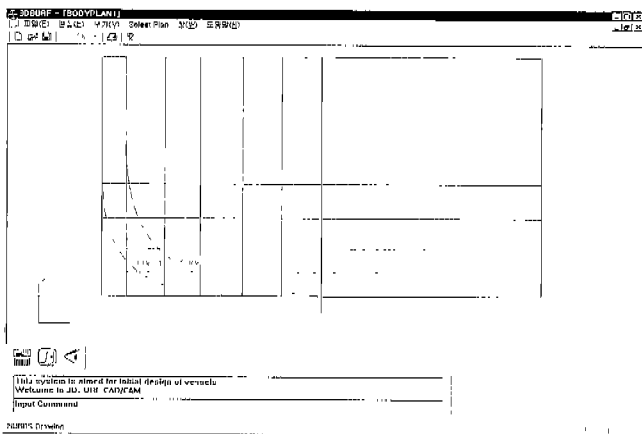


Fig. 9 Example of lines for body plan file (*.dat file)

4.2.4 선도의 수정

선도와 같은 2차원 자유형상을 변형을 위해서는 크게 다음의 3가지 방법이 있다.

- 형상계수 값의 변경에 의한 방법
이 방법은 형상계수의 값에 따라 형상이 변환되는 특성을 이용한 것이다.
- Distortion 변환 방법
이 방법은 곡선의 형상을 찌그러뜨리는 변형법으로써 미소 변형이 필요할 때 제한적으로 이용할 수 있다.
- 조정점(control point)들을 이동시켜 변형시키는 방법
이 방법은 생성된 곡선의 형상을 조정점을 이동하여 변형시킨다.

이러한 방법 중 본 연구에서는 곡선 수정시 마지막 방법을 이용하여 곡선을 수정하였으며, 그 예는 Fig. 10에서와 같이 조정점의 이동에 따른 곡선의 변화를 보여준다.

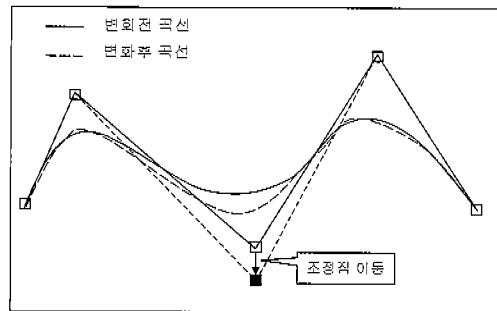


Fig. 10 Curve deformation according to control point move

5. 선체선도 형성 표현 검증

선박의 기본설계과정의 초기단계인 선체선도 형성은 가장 기본적이면서도 중요한 부분이다. 선체선도와 같은 자유형상을 가장 정확하게 표현할 수 있도록 NURBS 기법을 이용하여 선체선도와 곡선 생성 프로그램을 개발하였다. 여기서는 NURBS에 의한 선체선도 형성 표현의 실용성을 입증하기로 한다.

Fig. 11은 2DSURF S/W에서 생성된 곡선으로서 조정점(control point)이 11개, Vertex line이 10개로 구성되어 있는 하나의 NURBS로 이루어진 곡선의 예를 보여준다

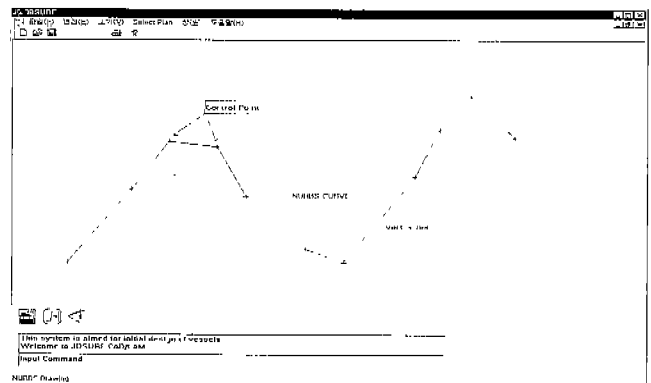


Fig. 11 Example of a NURBS curve at 2DSURF S/W

5.1 선도생성 Plan의 선택

이때 사용되는 프로그램은 Select Plan 프로그램으로서 정면도(body plan), 측면도(sheer plan), 반폭도(half breadth plan)등의 서브메뉴가 나타나는데 이때 원하는 Plan을 선택한다.

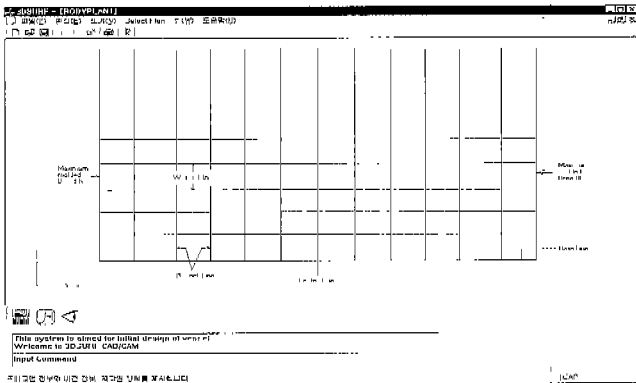


Fig. 12 Basic form of body plan

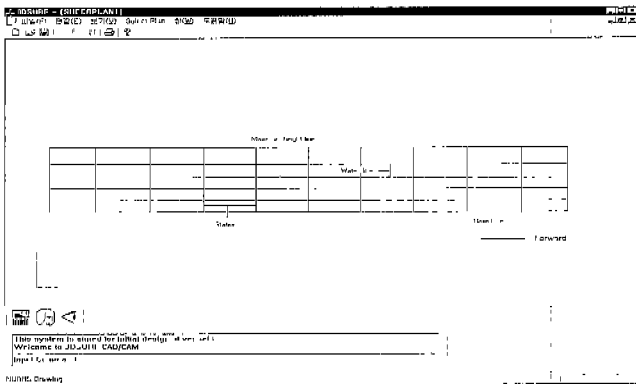


Fig. 13 Basic form of sheer plan

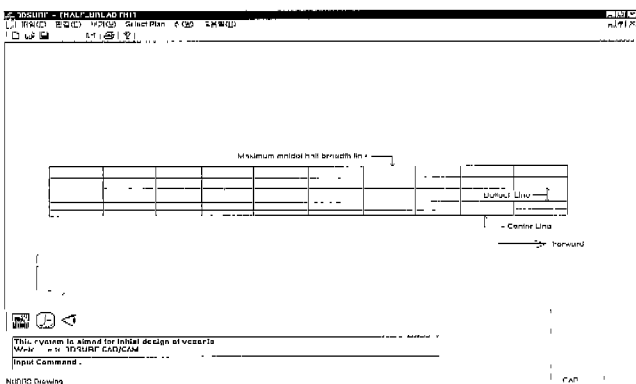


Fig. 14 Basic form of half breadth plan

Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14는 Select Plan 프로그램에서 선택한 각 Plan들로서 정면도(body plan), 측면도(sheer plan), 반폭도(half breadth plan)등의 기본적으로 나타나는 선도생성을 위한 형틀을 보여주고 있다

5.2 정면도(body plan)의 생성

정면도(body plan) 제도시 틀바에서 Select Plan 프로그램을 선택한 후 Body plan(정면도) 메뉴를 선택하면 정면도를 제도할 수 있는 중심선(center line), 기선(base line), 최대형폭선(maximum molded breadth line)이 포함된 기본적인 정면도 생성을 위한 형틀이 나타나며, 그 이후 정면도의 선도를 생성하면 된다.

Fig. 15는 정면도 생성의 예를 보여주고 있다.

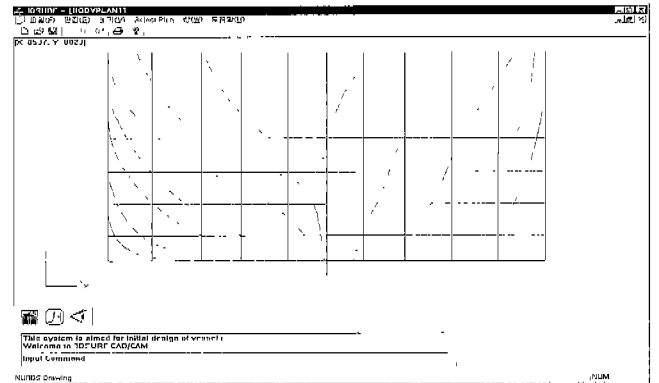


Fig. 15 Example of a body plan drawing

5.3 반폭도(Half Breadth Plan)의 생성

반폭도(half breadth) 제도시 틀바에서 Select Plan 프로그램을 선택후 반폭도(half breadth) 메뉴를 선택하면 반폭도의 선도를 제도할 수 있는 중심선(center line), 최대형폭선(maximum molded half breadth line)이 포함된 기본적인 반폭도의 선도생성을 위한 형틀이 나타나며, 그 이후 반폭도의 선도를 생성하면 된다.

Fig. 16은 반폭도 생성의 예를 보여주고 있다.

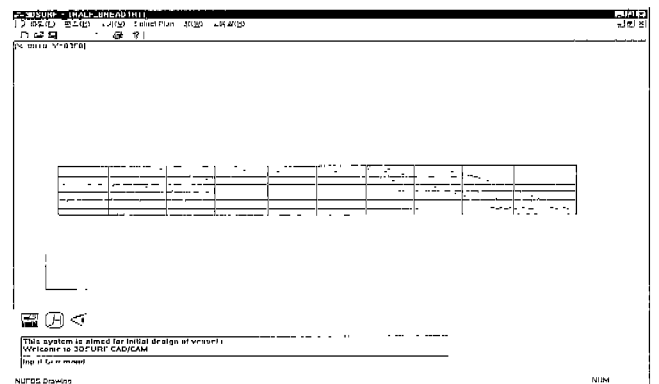


Fig. 16 example of a half breadth drawing

5.4 측면도(sheer plan)의 생성

측면도(sheer plan)제도시 틀바에서 SELECT PLAN 프로그램을 선택 후 측면도(sheer plan) 메뉴를 선택하면 측면도의 선도를 제도할 수 있는 기저선(base line) 최대높이선(maximum height line)이 포함된 기본적인 측면도의 선도생성을 위한 형틀

이 나타나며, 그 이후 측면도의 선도를 생성하면 된다. Fig. 17은 측면도 생성의 예를 보여주고 있고 지금까지 설명한 각각의 Plan은 Drawing된 후 선도를 저장하고 다시 불러들여 한 곳에 편집할 수 있다.

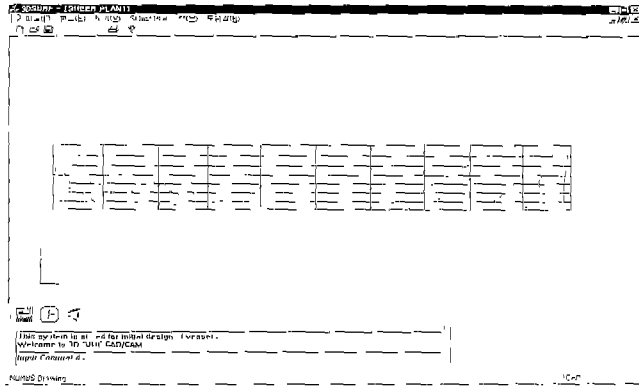


Fig. 17 Example of sheer plan drawing

5. 결 론

본 연구로부터 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 현재 조선소에서 선도생성과 같은 자유형상 모델링의 주요기법으로서 B-Spline 기법이 사용되고 있으나 본 연구로부터 NURBS 기법을 응용하여 선도생성에 적용할 수 있음을 보여줬다.

둘째, 개발한 선도생성 프로그램을 응용하여 선도생성에 있어서 B-Spline 기법에 바탕을 둔 새로운 NURBS 기법을 적용하여 정면도, 측면도, 반쪽도 등이 생성 가능하게 하였다.

셋째, 앞으로 NURBS 기법이 적용된 CAD 프로그램인 2DSURF의 미비점을 보완하면 중·소 조선소의 선도 생성을 위한 연구에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 조선대학교 수송기계부품 공장자동화연구센터의 1999년도 연구비의 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- 박제웅, 이현상(1992). "PC-CADRA를 이용한 선체선도가공 정보처리에 관한 연구", 한국해양공학회지, 제11권 제2호.
- 우일국(1992). "B-Spline을 이용한 Form parameter에 의한 자유형상설계", 부산대학교 대학원 조선공학과.
- 月刊機械設計(1998). "기계계 CAM의 최신 기술 동향(NURBS를 중심으로 한 곡선 보간가공)", 尖端 pp 18~22.
- 이건우(1996). "컴퓨터그래픽과 CAD", 영지문화사.
- 이상엽(1998). "Visual C++ Programming Bible ver. 6.x", 영진출판사.
- 이철수(1997). "CAD/CAM 형상모델링에서 NC 가공까지", 터보테크 출판부.
- Edward Angel(1990). "Computer Graphics", Addison Wesley.
- Foley, D. and Hughes, F.(1997). "Computer Graphics principles and practice, 2nd edition in C", Addison Wesley.
- Leslie, P. and Wayne, T.(1987). "Curve and Surface Constructions using Rational B-Spline", Computer Aided Design, Vol. 19, No. 9, pp 485~498.
- Lcs, P., Wayne, T. "The NURBS Book", 2nd Edition, Springer.
- Tribon(1995). "Lines User Manual", Kockums Computer Systems.

1999년 11월 25일 원고 접수

2000년 1월 29일 수정본 채택