

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 제 30 卷 第 4 號 1993 年 11 月  
 Transactions of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 30, No.4, November 1993

## 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 도입한 선형설계 기법에 관한 연구

신현경\*, 박규원\*\*

### A Study on Hull Form Design Techniques Based on Graphical User Interface

by

H. Shin\* and K.W. Park\*\*

#### 요 약

3차원 자유곡면의 교차문제는 기하학적인 방법과 수치적인 방법으로 해결할 수 있으며, 지금까지는 일반적으로 선체형상의 단면을 얻기 위해서 기하학적인 방법인 곡면분할 기법을 사용하여 왔다.

본 논문에서는 활선법, 선형보간법 및 반분법 등 간단한 수치해석 방법들을 사용하여서, Bi-Cubic B-Spline Surface로 표현된 선체형상과 임의의 평면에 의해 교차된 선체 단면형상을 찾는 방법을 수행하여 비교 검토하고자 한다.

곡면간의 교체문제는 임의의 단면형상 파악, 선도작성 및 offset Table 구성에 직접 응용되어진다.

#### Abstract

The intersection problem of three-dimensional free form surfaces can be solved by geometrical and numerical methods. Up to now, the subdivision technique, which is classified under the former, has been largely employed to find the cross section of ship hull form.

In this paper, an algorithm is presented for intersecting ship hull form in high speed. The high speed calculation algorithm is based on simple numerical methods, such as the secant method, false position method and bisection method.

The algorithm is directly applicable to depicting arbitrary ship cross sections, drawing ship lines and constructing the offset table.

---

접수일자 : 1993년 5월 21일, 재접수일자 : 1993년 8월 30일 이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단  
 \* 정회원, 울산대학교 의 자유공모 과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음  
 \*\* 정회원, 부산수산대학교 해양산업개발연구소

### 1. 서론

현대 최신 기술 개발과 비슷하게 Computer Graphics분야는 상당한 수준으로 발전하고 있으며, 조선해양분야의 선박설계 자동화분야에서도 Computer Graphics 기법을 이용한 노력이 활발하게 이루어지고 있다.

특히 선박설계자동화에서 선체형상정의는 필수적으로 수행되어야만 하나 선체형상은 다양한 곡면을 갖는 곡면으로 구성되어 있어 자료 입력 처리에 많은 시간과 노력을 할애하여야만 한다.

3차원 자유곡면의 교차 문제는 기하학적인 방법과 수치적인 방법으로 해결 할 수 있다. 기하학적인 방법은 원리는 간단하지만 어렵고 복잡한 수학적 이론을 사용하여야 하며, 모든 파라메트릭 곡면에 대하여 동일한 이론을 사용할 수 없다는 단점이 있다. 수치적인 방법으로는 교차방정식을 풀어야 하며 해의 수렴성 및 완전한 해를 구하기 어려운 단점이 있어서 지금까지는 일반적으로 선체형상의 단면을 얻기 위해서 기하학적인 방법인 곡면분할 기법을 사용하여 왔다[9][10]. 하지만 선도(Lines) 작성은 곡면과 평면의 교차 문제로 귀결되고, 풀기 쉬운 형태로 되기 때문에 수치해석적인 방법으로도 쉽게 해결 할 수 있다.

본 논문에서는 자료 입력 처리 효율성의 극대화 및 개념설계의 가시화를 위한 선형처리가 연구되었고, 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)의 도입과 B-spline 기법을 사용하여 3차원 형상을 실시간(Real-time)으로 직접 조작(handling)할 수 있는 프로그램이 개발되었다. 또한 Bi-Cubic B-Spline Surface로 표현된 선체형상과 임의의 평면에 의해 교차된 선체 단면형상을 찾기 위한 고속계산 알고리즘을 제시하였으며 이를 사용한 간단한 수치해석 방법들을 서로 비교 검토하고자 한다.

### 2. 그래픽 사용자 인터페이스 (Graphical User Interface)

80년대 초 그래픽 기능을 가진 PC가 대중화된 이후 소프트웨어는 프로그래머 중심에서 사용자 지향형으로 프로그램 기법들이 개발되었다.

최근들어 WYSIWIG(What You See Is What You Get)의 개념아래 그래픽 사용자 인터페이스(GUI : Graphical User Interface)가 개발되어

Macintosh나 Microsoft 사의 Windows에서 그 예를 찾아볼 수 있으며, 엔지니어링 워크스테이션에서는 GUI를 위한 기초 수단으로 X-window 시스템이 확고한 지위를 누리고 있다.

GUI는 기존의 keyboard에 의한 문자 명령에서 탈피하여 Mouse를 통한 그림 및 메뉴에 의한 명령으로 명령어를 일일이 외울 필요가 없기 때문에 시스템에 관한 비전문가라도 쉽게 운영할 수 있다는 장점이 있어 CAD 같은 대형 프로그램에 편리하게 사용되고 있다.

본 논문에서는 Fortran 언어 및 Graphic 라이브러리를 사용하여 독자적인 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하였다. 개발된 GUI는 내부요소(Intrinsic\*)와 외형요소(widget\*)로 구성되어 있다(Fig.1). Panel, Message, Scroll bar, button, menu등은 GUI를 구성하는 외형요소이며 내부요소는 외형요소에 인식 및 실행 기능을 부여해서 응용 프로그램을 제어한다. 즉, GUI의 내부요소는 mouse로 메뉴를 인식시키고 응용 프로그램을 동작 시킨다.

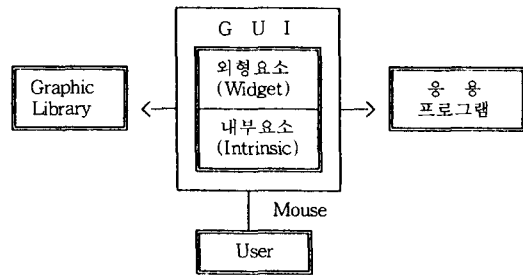


Fig. 1 Configuration of GUI

### 3. 자료입력처리

전산기가 등장한 이후 공학해석(Engineering Analysis)을 위한 여러해석 기법들이 개발되어 왔고, 주요 관심사는 메모리의 한계와 계산 시간의 단축이었으나 최근들어 H/W의 급속한 발전으로 인하여 이런 문제점들이 많이 해결되었다. 그러나 방대한 양의 자료입출력이 요청되는 경우에는 입력자료작성 및 출력결과와 분석에 할애되는 시간이 계산시간에 비해 훨씬 더 많게 되었고, 이러한 문제점을 극복하기 위해 종전의 Stand-Alone Program 형태에서 입출력 작업을 도와주는 Pre 및 Post Processor에 대

\* X-window에서 정의된 유사한 용어로서는 각각 intrinsic, widget이 있다.

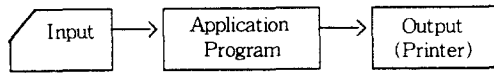


Fig. 2.1 Stand-alone program

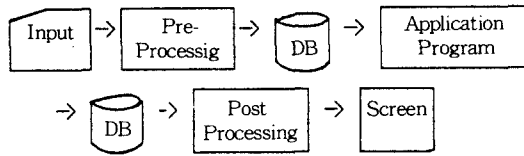


Fig. 2.2 Program chain

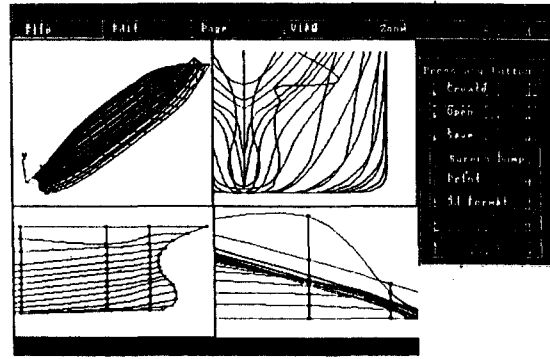


Fig. 2.3 Local modification

한 관심을 갖게 되었다(Fig 2.1, 2.2).

한편 선체형상은 다양한 곡률을 갖고 있는 곡면으로 구성되어 있어 자료입력시 선형정의에 주의를 요하며 초기설계에 사용하기 위해서는 Data의 변경이 손쉽게 이루어져야 한다. 조선소 현장에 따라서는 Free Sketch를 통한 개념적인 선형 및 기존선형의 자료를 얻기 위해 수작업으로 자료를 작성하는 곳도 있고, 그때 기능공의 숙련도에 따라서 자료의 정확성이 좌우되며, 지루한 반복작업으로 인한 비능률성 및 많은 공수(Man-hour)는 전산화의 필요성을 가져왔다. 이러한 작업을 정확하고 손쉽게 처리하기 위해 digitizer 및 Mouse를 이용하여 도면의 자료를 직접 추출하고 선형의 국소변환(local modification)이 가능한 3차원 그래픽 프로그램을 GUI를 도입하여 개발하였다.

Digitizer를 통해 얻은 자료를 Curve Fitting하여 선형을 재현하고 재현된 선형의 3차원 국소변환 및 대화형 실시간 연속변환(Interactive real-time dragging)에 의한 새로운 선형의 구성으로 선체곡면을 위한 입력자료의 선행처리를 수반한다.

현재 PC의 계산수행속도로는 곡면을 실시간 Dragging하기가 어렵기 때문에 3차원 곡선으로 대체하였으며, 3차원 선체형상을 부드러운 곡선으로 재현하기 위해 수행속도가 빠른 Gauss-Seidel Method [2]를 이용한 B-spline 곡선 표현기법을 사용하였다.

또한 선체곡면의 순정의 경향을 보기 위해서 B-spline 곡선에 대한 곡률을 계산하여 도시하였다.

Fig 2.3은 임의의 Plan에서 국소변환의 결과가 다른 Plan에서 나타나는 것을 보여준 것이며, Fig 2.4는 한 단면에서의 곡선에 따른 곡률을 도시한 것이

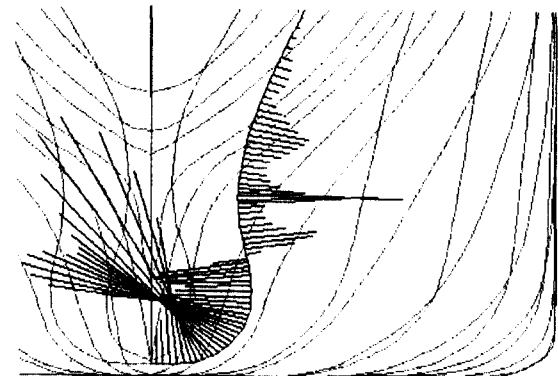


Fig. 2.4 Curvature curve

X	Y	Z			
-4.00000	0.00000E+00	8.499000	-2.09000	0.00000E+00	7.347000
-4.00000	2.04900E-01	8.561300	-2.09000	3.19600E-01	7.432400
-4.00000	4.23700E-01	8.640700	-2.09000	5.16700E-01	7.582200
-4.00000	6.11700E-01	8.717600	.	.	.
-4.00000	7.84500E-01	8.825500	.	.	.
-4.00000	9.47500E-01	8.964600	.	.	.
-4.00000	1.127300	9.149700	.	.	.
-4.00000	1.252400	9.284000	.	.	.

Fig. 2.5 Output data file

다. Fig 2.5는 Fig. 2.3의 곡선을 구성하기 위한 좌표 값들이다.

#### 4. B-Spline 곡면

일반적으로 B-Spline 곡면 위의 한 점 Q는 곡면의 형상을 제어하는 Vertices B와 기본함수(Basis function) N(u), M(w)들의 Cartesian곱으로 정의된다[1].

$$Q(u, w) = \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{m+1} B_{i,j} \cdot N_{i,k}(u) \cdot M_{j,l}(w) \quad (1)$$

$$u_{min} \leq u < u_{max}, w_{min} \leq w < w_{max}$$

$$N_{k,1} = \begin{cases} 1 & \text{if } x_i \leq u < x_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u-x_i)N_{i,k-1}(u)}{x_{i+k-1}-x_i} + \frac{(x_{i+k}-u)N_{i+1,k-1}(u)}{x_{i+k}-x_{i+1}}$$

$$M_{j,l} = \begin{cases} 1 & \text{if } y_i \leq w < y_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{j,l}(w) = \frac{(w-y_i)M_{j,l-1}(w)}{y_{j+l-1}-y_i} + \frac{(y_{j+l}-w)M_{j+1,l-1}(w)}{y_{j+l}-y_{j+1}}$$

여기서  $u, w$ 는 매개변수(parameter)이고,  $x, y$ 는 knot vector이다.  $Q$ 는 곡선 위의 점이고,  $B$ 는 곡선을 결정하기 위한 Vertices이다.

### 5. 곡면과 평면간의 교차-알고리즘

주어진 함수  $f$ 에 대하여  $f(x)=0$ 을 만족하는 변수의 값  $x$ 를 구하는 문제는 수치해석에서 가장 오래된 문제 중의 하나이다.

$f(x)=0$ 의 근(root)을 구하는 가장 일반적인 방법으로는 반분법(The bisection method), 선형보간법(The method of false position), 할선법(The Secant method), 뉴턴법(Newton-Raphson method) 등이 있다.

위의 방법 중 뉴턴법은 수렴속도는 좋으나 좋은 초기값을 주지 않으면 수렴성이 보장되지 않아[5] 본 계산에서는 사용하지 않았다.

파라메트릭 곡면과 평면과의 교차문제는  $Q_{x,y \text{ or } z}(u, w)-d=0$ 의 근을 찾는 문제로 귀착되며, 수치해석으로 교차문제를 해결할 수 있으며, 여기서 평면의 법선벡터는 항상 하나의 좌표축과 일치(예 : (1, 0, 0), (0, 1, 0) or (0, 0, 1))한다고 가정한다.

개발된 곡면과 평면간의 교차 알고리즘은 다음과 같다.

### - Algorithm -

- Step 1 set  $d$ =distance between origin and intersection plane
- Step 2 For  $w=w_1, w_{m+1}$ , increment
- Step 3 find  $u$   
 $w=const.$   
interval[ $u_1, u_{n+k}$ ]  
 $Q_{x,y \text{ or } z}(u, w)-d=0$
- Step 4 if Step 3 is fail, then  
goto Step 2  
else  
Output  $Q_x(u, w), Q_y(u, w), Q_z(u, w)$

Stop

- Step1 : 원점과 교차될 평면과의 거리를 입력한다.
- Step2 : 하나의 파라미터값을 설정하고 그값을 증가시킨다.
- Step3 :  $Q_{x,y \text{ or } z}(u, w)-d=0$ 의 문제를  $f_{x,y \text{ or } z}(u)-d=0$ 로 치환하여 문제를 해결한다.
- Step4 : 만약 Step3가 실패하면 Step2로 간다.

만약 임의의 단면에 대한 경우는 그 단면이 특정한 평면(예,  $x=0$ )에 놓이도록 곡면에 대한 Vertices를 회전하여 교차점을 찾은 후, 그 교차점을 역회전하면 임의의 단면에 대한 교차문제를 해결할 수 있다.

### 6. 선체곡면에 대한 응용 및 선도작성

개발된 GUI를 사용하여 선체를 구성하기 위한 자료를 작성하였으며, Vertices  $22 \times 17$ 으로 knuckle line을 갖는 B-spline 곡면으로 선체를 구성하였다.

선체길이 방향을  $x$ 축, 반폭을  $y$ 축, 높이를  $z$ 축으로 좌표계를 잡으면, body plan을 찾을 때는 5절의 알고리즘을 그대로 사용하며, Sheer Plan과 water plan을 찾을 때는 5절의 알고리즘에서  $u, w$ 를 바꾸어서 사용하여야 한다.

본 계산에서는 반분법, 선형보간법 및 할선법을 사용하여 수치해법의 차이에 따른 계산속도를 비교하였다[Table 1].

반분법이나 선형보간법은 모든 경우에 있어서 수렴하였고 할선법은 수렴속도는 빨랐지만 body plan의 경우 몇개의 스테이션(station)에서는 수렴하지 않았다.

Table 1. 수치해석 방법들과 계산속도 비교

method plan	Bisection	False Pos.	Secant
Body	302sec	165 sec.	-
130 section	2.2 sec /line	1.26 sec /line	-
Sheer	300sec.	187 sec.	140 sec.
9 section	33.3sec /line	20.8 sec /line	15.5 sec /line
Water	42 sec.	30 sec.	22 sec.
11 section	3.8sec /line	2.77 sec /line	2.0 sec /line



Fig. 3-1 Sheer plan Stem(9 Section)

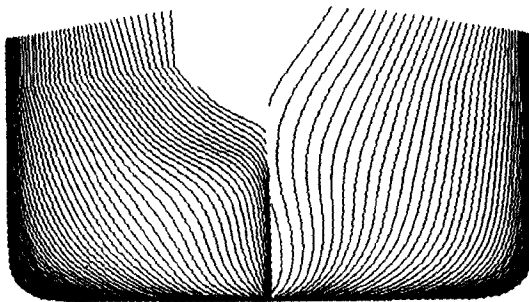


Fig. 4-1 Body plan (130 Section)



Fig. 4-2-b Sheer plan Stern (9 Section)

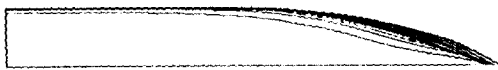


Fig. 4-3-a Water line Stern (11 Section)



Fig. 4-3-b Water line Stern (11 Section)

요즘 흔히 사용하고 있는 486DX2는 386DX보다 8배가 빠르다고 알려져 있다. 선형보간법으로 486DX2에서 계산을 한다면 body plan은 한 단면당 0.158sec, sheer plane은 한 단면당 2.6sec, water plan

은 한 단면당 0.35sec정도로 계산할 수 있을 것이다. 따라서 이 정도의 계산속도라면 우리가 원하는 단면을 실시간(Real-time)으로 얻을 수 있어 유연성 있는 선형설계를 할 수 있을 것이다.

Fig. 4-1은 130 station의 body plan이다.

Fig. 4-2는 9개의 단면을 가진 sheer plan이다.

Fig. 4-3은 11개의 단면을 가진 water plan이다.

7. 프로그램 구성

본 프로그램은 크게 다음과 같이 3부분으로 구성되어 있다.

선체형상을 위한 데이터 작성부분인 선형처리와, Bi-cubic B-spline 곡면으로 선체형상을 정의하기 위한 부분, 곡면과 평면을 교차시켜 lines 및 offset 산출 부분으로 이루어져 있다(Fig 5).

본 프로그램에 사용한 언어는 MS-Fortran 5.0이며 HALO PROFESSIONAL 그래픽 라이브러리를 사용하였으며 H/W는 IBM compatible 386DX를 사용하였다.

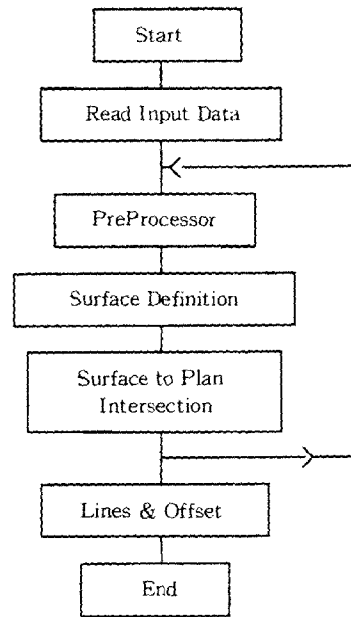


Fig. 5 Flow chart of program

## 8. 결 언

Fortran 언어와 Graphic Library를 사용하여 GUI Tool Kit를 개발하였다.

GUI의 응용프로그램으로서 실시간(real-time) 자료입력처리 프로그램을 개발하였다. 선체형상표현을 위한 data를 interactive하게 얻을 수 있어 입력자료 처리의 번거로움과 비효율성을 개선하는데 기여를 하게 되었다.

자료입력처리에서 얻은 data를 사용하여서 선체형상을 Bi-cubic B-spline 곡면으로 정의하였다. 간단한 수치해석방법으로 곡면으로 표현된 선체형상과 임의의 평면에 의해 교차된 단면 형상을 찾기 위한 알고리즘을 제시하였다. 또한 교차된 단면형상으로 Lines 및 Offset Table을 산출하였다.

제시된 알고리즘에 사용한 여러수치해석 방법중 선형 보간법(The method of false position)이 수렴성 및 계산 속도면에서 좋은 결과를 보여 주었다.

PC급 컴퓨터에서도 원하는 단면 형상을 실시간(Real-time)으로 처리할 수 있게 되었고, 선형설계에 있어서 간접적인 시간절약으로 공수의 절감 및 설계능률의 향상을 도모할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [ 1 ] Rogers & Adams, "Mathmetical Elements for Computer Graphics", McGRAW-Hill, 1990.
- [ 2 ] Yamaguchi, "Curve and Surface in Computer Aided Geometric Design", Spring-Verlag, 1988.
- [ 3 ] William H. Press, Brian P. Flanneray, Saul A. Recipes in C", Cambridge University Press, 1988.
- [ 4 ] M. L. James, G. Gm. Smith, J.C. Wolford, "Applied Numerical Methods For Digital Computation", Harper & Row, 1985
- [ 5 ] R. L. Burden, "Numerical Analysis", John Wiley & Sons, 1985
- [ 6 ] Elaine Cohen, Tom Lyche, Richard Riesenfeld, "Discrete B-Spline and Subdivision Techniques in Computer-Aided Geometric Design and Computer Graphics", Computer Graphics and Image Processing 14, 87-111 (1980)
- [ 7 ] Q S Peng, "An algorithm for finding the intersection lines between two B-Spline surfaces", CAD vol. 16, 1984.
- [ 8 ] K. -P. Beier, "Computer-Aided Hull Design and Production", Lecture Note, Michigan University, 1987.
- [ 9 ] 윤병호, 서승환, 김원돈, 김광옥, "B-spline을 이용한 선체표현에 관한 연구", 대한조선학회지 제22권 제3호 1985.
- [ 10 ] 김홍수, "B-spline 곡면기법을 이용한 선체형상의 표현에 관한 연구", 부산대학교 석사학위논문, 1989
- [ 11 ] 신현경, 박규원, "Open 균일 B-Spline 곡면을 이용한 선체 곡면 표현에 관한 연구", 대한조선학회 논문집 28권 2호, 1991.
- [ 12 ] 박규원, "컴퓨터 그래픽스기법을 이용한 Bi-Cubic B-Spline 선체형상 표현에 관한 연구", 공학석사학위논문, 울산대학교, 1992. 2.
- [ 13 ] 겸사랑, "HALO PROFESSIONAL 활용", 가남사, 1991