

NURBS 기법을 이용한 Chine Type 어선의 선형생성에 관한 연구

박제웅 · 조민철*

조선대학교 선박해양공학과 교수
*조선대학교 대학원 선박해양공학과

A Study of Hull Form Generation for Chine Type of Fishing Vessel Using NURBS Method

Je-Woong Park and Min-Cheol Cho*

Professor, School of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun University, Kwang-ju 501-759, Korea
*Graduate School of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun University, Kwang-ju 501-759, Korea

KEY WORDS: NURBS(Non-uniform Rational B-spline) 비균일 다항식 B-spline,

ABSTRACT: 선형개발에 대한 연구는 주로 대형선박을 기준으로 Bezier, B-spline 그리고 NURBS와 같은 합성곡선생성기법을 이용하여 일반 곡선기법으로는 표현하기 힘든 구상선수나 굴곡이 심한 선미 등을 표현하고 검증하는 것으로 이루어지고 있다. 하지만, 전체 선박의 70%를 차지하고 있는 중소형 어선의 선형에 대한 연구나 기술적인 보고는 상대적으로 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 기존의 라운드타입에서 차인 및 신차인타입으로 변화해 가는 중소형 어선의 선형을 NURBS기법을 이용하여 표현하고, 전산화하는 프로그램을 개발하였다.

1. 서 론

지금까지의 선형개발에 대한 연구는 주로 대형선박을 기준으로 Bezier, B-spline 그리고 NURBS와 같은 합성곡선생성기법을 이용하여 일반 곡선기법으로는 표현하기 힘든 구상선수나 굴곡이 심한 선미 등을 표현하고 이를 검증하는 것으로 이루어지고 있다. 하지만, 전체 선박의 70%를 차지하고 있는 중소형 어선의 선형에 대한 연구나 기술적인 보고는 상대적으로 미흡한 실정이다. 기존의 어선은 배수량형의 라운드타입이 많았으나 복원성 및 안정성, 작업장까지의 이동과 이동 후 어로 작업에 미치는 여러 요인들로 인해 차인(chine)타입으로 바뀌어 가고 있다. 따라서 이에 대한 선형을 정의하는 방법과 그것을 검증하는 연구가 체계적으로 이루어져야 한다.

본 연구에서는 연·근해에서 주로 사용되고 있는 4.99톤과 7.93톤의 선형을 기준으로 차인타입의 대표선형을 NURBS 기법을 이용하여 표현하였다. 선형 표현상의 편의성을 위해 Visual C++(MFC)를 사용하여 GUI를 지원하는 프로그램을 개발하였다.

본 프로그램은 키보드를 통해 기존의 데이터 값을 입력하거나, 디지털타이저를 이용하여 개발자의 직관에 의해 선형을 정의 및 수정할 수 있도록 하였다. 또한, 여러 가지의 그래픽기법을 사용하여 원하는 부분을 확대하여 보거나, 3차원 상에서 원하는 각도에서 볼 수 있도록 하여 선형에 대한 정보를 비주얼하게 보여주도록 하였다.

2. 연구방법

□ 일반적인 B-spline의 표현기법을 통해 NURBS 곡선을 이해하고, Visual C++(MFC)를 활용하여 곡선생성 알고리즘을 구현하여 NURBS 곡선을 이용한 선형설계 프로그램을 개발한다.

2.1 일반적인 B-spline의 표현

차수가 k-1인 B-spline 곡선의 일반적인 표현은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P(u) = \sum_{i=0}^n N_{i,k}(u)Q_i \quad (1)$$

여기서, Q_i 는 조정점들을 나타내고 $N_{i,k}(u)$ 는 $(k-1)$ 차의 해당 블렌딩 함수를 나타낸다. 스플라인은 수학적으로 C^{k-2} 연속인 구간별 $(k-1)$ 차의 다항식으로 타나내어질 때 오더 k 혹은 차수가 $(k-1)$ 이라고 한다.

· 다항식의 차수는 각 $[t_i, t_{i+1}]$ 구간에서 $(k-1)$ 을 넘지 않는다.

· 위치와 $[1부터 (k-2)]$ 차 미분이 연속이다.

i번째 블렌딩 함수 $N_{i,k}(u)$ 는 다음과 같이 재귀적으로 정의된다.

$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & t_i \leq u \leq t_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u-t_i)}{(t_{i+k-1}-t_i)} N_{i,k-1}(u) + \frac{(t_{i+k}-u)}{(t_{i+k}-t_{i+1})} N_{i+1,k-1}(u) \quad (2)$$

여기서, 절점 벡터(knot vector)는 $[t_i, \dots, t_{i+k}]$ 이다.
 위의 식 (2)는 “ i 번째 구간의 오더 k 인 B-spline은 i 번째 구간과 $(i+1)$ 번째 구간의 오더 $(k-1)$ 인 B-spline의 가중 평균이다” 라고 풀어 말할 수 있다. 가중치는 식 (2)의 괄호내에 표현되어 있다. 절점 벡터에 필요한 구속조건은 다음과 같다.

- 값이 감소하지 않는 순서이어야 한다. 즉, $t_i \leq t_{i+1}$
- 동일한 값이 k 번, 즉 스플라인의 오더 이상 반복되지 않아야 한다.

절점 벡터는 블렌딩 함수, $N_{i,k}(u)$ 에 중대한 영향을 미치는데 따라서 B-spline 곡선 자체에도 중대한 영향을 미친다.

Bezier 곡선과 마찬가지로 B-spline 곡선은 볼록포 특성과 정규화 특성을 가진다. 정규화 특성이란 다음 식을 만족하도록 한 것이다.

$$\sum_{i=0}^n N_{i,k}(u) \equiv 1 \quad (3)$$

모든 B-spline인 곡선에서, 차수 $(k-1)$, 조정점의 개수, 절점의 개수는 서로 연관되어 있으며, 절점 벡터 $[t_0, \dots, t_m]$ 를 가정하면 다음과 같은 관계식이 성립되어야 한다.

$$m = n + k \quad (4)$$

여기서, $(m+1)$ 은 절점의 개수, $(n+1)$ 은 조정점의 개수, k 는 오더이다. 즉, 절점벡터는 $[t_0, \dots, t_{n+k}]$ 이다.

절점벡터의 종류에 따라 균일, 비균일, 주기적 그리고 비주기적으로 분류되어지며, 여기서 비균일(Non-uniform)은 절점의 양단에서 중복이 일어나거나, 내부의 절점이 등간격을 이루지 않는 절점벡터를 의미한다. 이러한 특성으로 균일한 절점 간격이 사용하기는 쉽지만, 설계 과정에서 형상조절을 위해서는 비균일 간격의 절점 벡터의 사용이 더 유리하다.

2.2 NURBS 곡선의 개요

NURBS는 Non-Uniform Rational B-Spline의 약자로, “규칙적이지 않은 유리다항식 B-spline”을 의미하며, 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- Non-Uniform

B-spline의 곡선 표현 능력을 다양하게 할 수 있는 절점벡터의 간격이 일정하지 않을 수도 있다.

- Rational

각각의 조정점이 곡선에 미치는 영향력을 결정할 수 있다.

- B-spline

조정점의 위치를 이동하여 곡선의 형태를 수정하여도 연결성이 보장된다.

NURBS 곡선은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P(u) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,k}(u) W_i Q_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,k}(u) W_i} \quad (5)$$

여기서, Q_i 는 조정점들, $N_{i,k}(u)$ 는 $(k-1)$ 차의 해당 블렌딩 함수, 그리고 W_i 는 각 조정점이 곡선에 미치는 가중치를 의미한다.

2.3 프로그램의 개요

다음은 NURBS 기법을 이용하여 선형을 생성하기 위한 프로그램의 순서도를 간략하게 표현한 것이다.

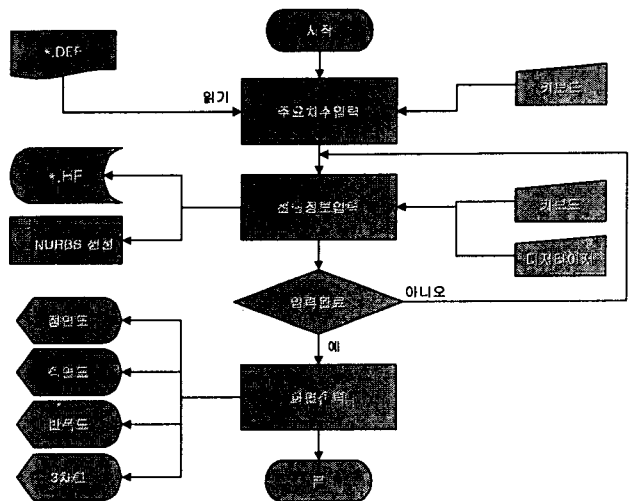


Fig 1. Flow chart of hull form generation algorithm

Fig 1에서 알 수 있듯이 본 프로그램은 주요치수입력, 선형 정보입력 그리고 화면출력으로 기능이 구분되어진다.

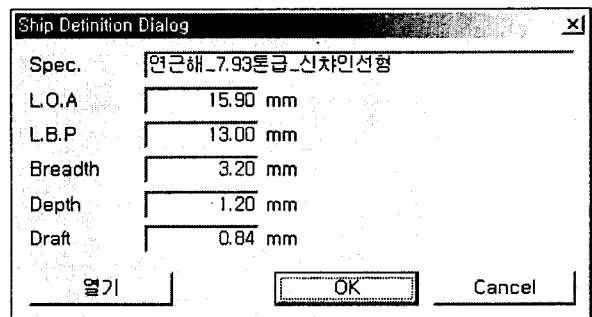


Fig 2. Dialog window for main data input

Fig 2는 주요치수입력을 의한 입력창으로, 대상선박의 간략한 정보(Spec.), 전장(L.O.A), 수선간장(L.B.P), 형폭(Breadth Mid.), 깊이(Depth), 흘수(D.L.W.L) 등을 다이얼로그 형태의 입력창에서 입력받도록 하였으며, 기존의 데이터를 활용할 수 있도록 하였다.

조정점		조정점 번호	5
X	413.76	추가	삭제
Y	2155.86	Z 값 고정	
Z	0.00		

Fig 3. Current position of digitizer

No.	X	Y	Z
1	752.78	347.77	0.00
2	1487.31	336.47	0.00
3	1713.32	1052.17	0.00
4	1943.10	1903.48	0.00
5	2218.08	2276.40	0.00

NURBS곡선을 Lines Data에 추가

Fig 4. Control point of NURBS

절점벡터는 식-4에 의해 개수를 구하고, 그 값은 순차적인 증가 값을 이용하여 적용하였다. 각 조정점에 대한 가중치는 1을 주어 전체적인 NURBS 곡선에 미치는 영향력을 동일하게 하였다. 하지만, 순정작업을 하기 위해서는 보다 정확한 값들을 요하기 때문에 절점벡터나 조정점의 가중치에 대한 수정은 사용자가 직접 할 수 있도록 하였다.

다음은 개발된 프로그램의 NURBS 기법을 이용하여 라운드 타입의 선형을 표현한 예로, 새로운 곡선을 기존의 선형정보에 추가하기 위해 키보드 및 디지털타이저를 이용하여 조정점을 입력하고 있는 것이다.

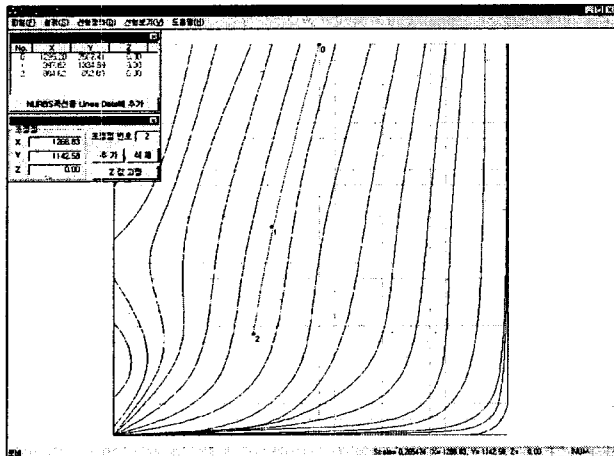


Fig 5. Hull form generation of round type

다음은 앞서 정의된 선형을 3차원으로 표현한 것으로 아이소메트릭 투영을 사용하였다. 프로그래밍을 통해 아이소메트릭 투영을 얻기 위해서는 물체에 대한 회전, 이동 또는 두 가지 모듈을 연속적으로 수행하여야 한다. 이러한 변환 후 보통 z =

0 평면에 대한 직교투영이 수행되며, 이때 물체에서 평행한 선들은 같은 비율로 축소된다. 축소계수는 각 선의 실제 길이에 대한 투영된 길이의 비로 얻어 지도록 하였다.

이용된 3차원기법은 원하는 방향에서 원하는 크기로 NURBS 곡선을 관찰할 수 있어 편리한 인터페이스를 제공한다.

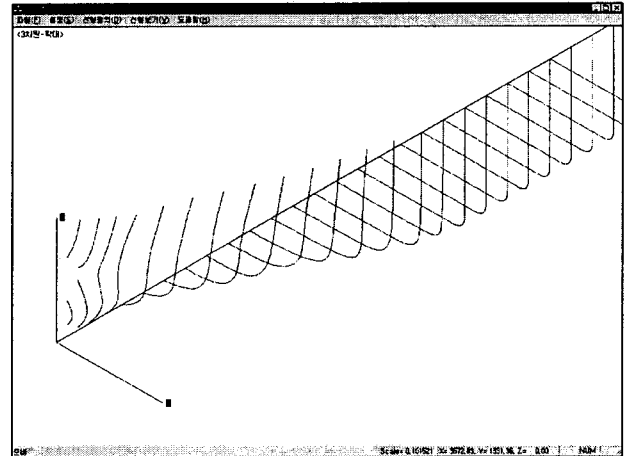


Fig 6. Hull form to 3 dimension expression of round type

3. 연구내용

■ 연·근해에서 주로 사용되어지고 있는 차인타입의 어선인 4.99톤급과 7.93톤급의 선형을 분석하고, 대표선형을 선정 후, 본 연구를 통해 개발되어진 선형설계 프로그램을 이용하여 NURBS 곡선으로 표현한다.

3.1 중소형 어선의 개요

연·근해 중·소형어선에서 주로 채택되고 있는 선형으로는 배수량형, 활주형 및 너클형 등이 있으며 각 선형마다 그 특성에 따라 추진성, 안정성, 작업성의 장점을 갖고 있다. 일반적으로 배수량 선형은 선체주위가 유선형 선형으로 되어 있어 저항·추진성능은 양호하나 복원성 및 조업성 측면에서는 불리하다. 활주선형의 경우에는 하드차인으로 인하여 저속에서는 오히려 큰 저항이 발생하는 단점을 가지고 있으며, 고속에서는 추진성이 대단히 우수하여 고속의 어선에는 유리하나 작업성 및 복원성이 다소 떨어지고 있는 것으로 분석되어 있다. 각형 선형의 경우에는 어민들이 예전부터 익숙해져 있는 목선으로 추진성은 떨어지나 넓은 갑판과 복원성능의 이점으로 선호하고 있는 선형이다.

이와 같이 기존의 어선의 형상은 각기 제 성능의 장단점을 갖고 있으며, 그에 따른 선형의 특성도 각각 다르게 나타나고 있다. 일반적인 라운드 타입의 선형을 갖는 어선은 지금까지 연구된 일반적인 NURBS 기법을 이용하여 구현할 수 있으므로, 본 연구에서는 차인타입의 중소형 어선을 중심으로 연구가 수행되었다.

다음은 연·근해 어업에서 주로 사용하고 있는 4.99톤급과 7.93톤급의 기본치수와 차인타입의 선형을 나타낸 것이다.

□ 기본 치수 (4.99톤급 신차인 선형)

- 전장(Length O.A) : 13.04 M
- 수선간장(Length B.P) : 10.90 M
- 형폭(Breadth Mid.) : 2.90 M
- 깊이(Draft) : 1.00 M
- 흘수(D.L.W.L) : 0.70 M

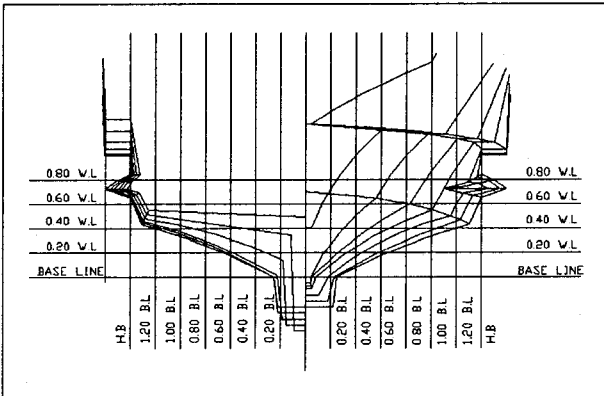


Fig 7. Body plan of 4.99ton Class

□ 기본 치수 (7.93톤급 신차인 선형)

- 전장(Length O.A) : 15.90 M
- 수선간장(Length B.P) : 13.00 M
- 형폭(Breadth Mid.) : 3.20 M
- 깊이(Draft) : 1.20 M
- 흘수(D.L.W.L) : 0.84 M

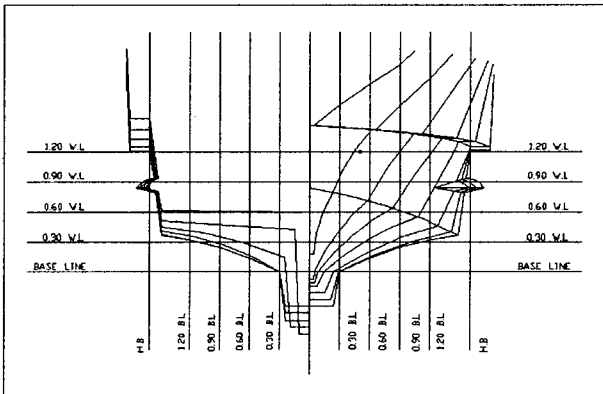


Fig 8. Body plan of 7.93ton Class

Fig 7과 Fig 8에서 알 수 있듯이 두 톤급을 비교해 보면 기본치수의 차이 이외에 선형에서의 차이점은 거의 없다. 이는 소형선박의 설계과정에 있어서 기존의 실적선들을 기준으로 설계하고자 하는 선박과 유사한 선형을 결정하고, 이를 바탕으로 선박설계에 있어서 필요한 전체적인 데이터들을 스케일링 하는 과정으로 이루어지기 때문이다. 새로운 선박의 선형을 개

발하는데 있어서도 기존의 데이터(각 톤급에 해당하는 선박의 종류와 그에 따른 주요치수) 값에서 크게 벗어나지 않기 때문에 실적선들을 모선로 이용하는 과정을 수행하므로 기존의 설계과정과 동일하다고 볼 수 있을 것이다.

따라서, 4.99톤급과 7.93톤급을 스케일이 다른 동일한 선형으로 간주하고 7.93톤급을 기준으로 연구를 수행하였다.

3.2 NURBS를 이용한 차인타입 선박의 표현

대표선형으로 선정된 7.93톤급 차인선형을 NURBS 곡선으로 표현하기 위해 다음과 같은 데이터들을 입력하였다.

- 주요치수 입력 (Spec., L.O.A, L.B.P, Breadth Mid., Depth, Draft)
- Base line과 Water line의 간격 정의
- 조정점
- 절점벡터
- 조정점에 대한 가중치

다음은 7.93톤급 차인타입의 선형을 개발한 프로그램으로 선형정보를 입력하는 과정을 나타낸 것이다.

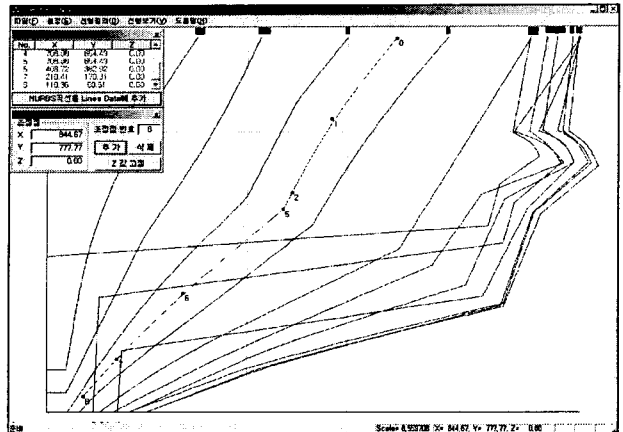


Fig 9. Hull form generation of chine type

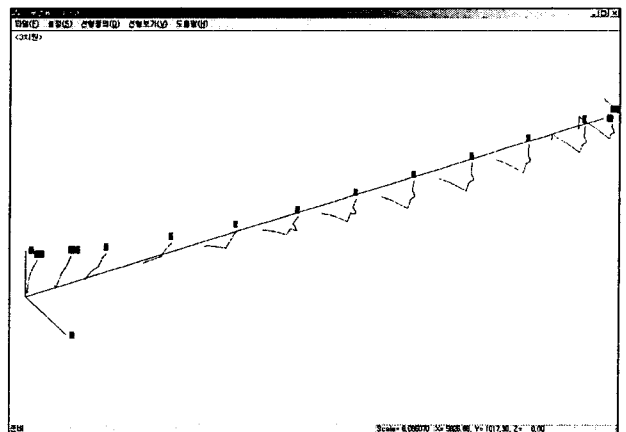


Fig 10. Hull form to 3 dimension expression of chine type

4. 결 론

본 연구를 통해 NURBS 기법을 이용하여 일반적인 선형을 생성하는 프로그램을 개발하였으며, 최근 연·근해어선으로 채택되고 있는 차인타입의 선형을 표현하였다. 기존의 라운드타입의 선형을 연구하고 이를 선형설계에 도입해 오던 종래의 기술에 차인타입이라는 non-linear한 선형을 표현하기 위한 방법을 접목시켜 선형에 대한 형상 모델링 기술의 발전을 도모하였다.

선형을 표현하는데 있어서의 최종적인 단계는 곡면으로 형상을 표현하는 것이다. 본 연구를 통해 얻어진 기술적 요소를 이용하여 차 후 이루어질 “차인타입어선의 곡면생성”을 주제로 한 연구에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 대한조선학회, 「선박계산」, 동명사, 1988, pp.1~73
- 박제웅, “연근해어선의 안정성을 위한 차인선형에 관한 연구
『해양수산부』, 2차년도 보고서, pp.27~80
- 신현경, “NURBS 곡면을 이용한 선형표현에 관한 연구”,
『대한조선학회』, 37권2호:109-117, 2000
- 이상협, 『Visual C++ Programming Bible Ver.6.X』,
영진출판사, 1998, pp.804~807, ...
- 이철수, 『CAD/CAM - 형상 모델링에서 NC 가공까지』,
터보테크출판부, 1996, pp.126~149
- 이현찬 외 2명, 『컴퓨터 그래픽스 및 형상 모델링』,
시그마프레스, 1996, pp.151~216
- 이현찬 외 2명, 『CAD/CAM - Theory and Practice -』,
도서출판 기술, 1995, pp.227~263
- 정형배, “NURBS Surface Global Interpolation에 대한 방법”,
『CAD/CAM』, 2권4호:237-241, 1997
- Foley · ... , “Computer Graphics - principles and practice - ”,
Addison Wesley Publishing Company, 1995, pp.471~516
- Pigel · ... , “The NURBS Book - 2nd Edition”, Springer, 1996,
pp.47~79, 117~127