공학석사 학위논문

수퍼요트의 선형 모델링 및 초기 실내공간배치 알고리즘 개발

Development of hull form modeling system and algorithm for preliminary interior space arrangement of superyacht

지도교수 남 종 호

2009년 8월

한국해양대학교 대학원

해양시스템공학과

김 동 함

本 論文을 金東咸의 工學碩士 學位論文으로 認准함

위원장 현 범 수 (인)

위 원 박 주 용 (인)

위 원 남 종 호 (인)

2009년 8월

한국해양대학교 대학원

목 차

List of tables ····· Ⅳ

List of figures ····· Ⅴ

Abstract ····· Ⅷ

1. 서론 ····· 1

1.1. 수퍼요트의 정의 ····· 1

1.2. 연구 배경 및 필요성 ····· 1

1.3. 연구내용 ····· 2

2. 주요 기술에 대한 기본 이론 ····· 4

2.1. 개요 ····· 4

2.2. NURBS ····· 4

2.3. Rhino3D ····· 6

2.4. 유전 알고리즘(Genetic algorithms) ····· 8

2.4.1. 개요 ····· 8

2.4.2. 유전 알고리즘의 기본 용어 ····· 9

2.4.3. 유전 알고리즘의 기본 구조 ····· 9

2.4.4. 유전 알고리즘의 활용 ····· 11

3. 수퍼요트 프로파일 설계 ····· 13

3.1. 개요 ····· 13

3.2. 수퍼요트 프로파일의 분류 ····· 13

3.3. NURBS 곡선 모델링 ····· 16

3.4. 파라메트릭 기법 적용 ····· 17

3.5. 프로파일 설계 프로그램 개발 ····· 20

4. 수퍼요트 외판 형상 모델링 ····· 24

4.1. 개요 ····· 24

4.2. 모델링 순서 ····· 24

4.3. 워터라인과 데크사이드라인 형상 결정 ····· 25

4.4. 단면형상 결정 ····· 26

4.5. 외판 곡면 모델링 ····· 27

5. 수퍼요트 실내공간배치 시스템 설계 ····· 30

5.1. 개요 ····· 30

5.2. 공간분석 ····· 30

5.3. 계단분석 ····· 33

5.3.1. 하갑판 ····· 33

5.3.2. 주갑판 ····· 35

5.3.3. 상갑판 ····· 37
5.4. 유전 알고리즘 적용 ····· 38
5.5. GUI를 활용한 공간배치 시스템 개발 ····· 43
5.5.1. GUI 구성 ····· 43
5.5.2. 입력체계 ····· 44
5.5.3. 결과 ····· 44

6. 결론 ····· 47
6.1. 연구 결과 ····· 47
6.2. 기여도 ····· 47
6.3. 향후 과제 ····· 48

참고문헌 ····· 49

List of tables

Table 1 Zone classification ····· 31

Table 2 Collection of zone classification ····· 32

Table 3 Symbolic expressions of topology ····· 39

Table 4 Layout preference points ····· 41

Table 5 Role of stairs ····· 42

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

List of figures

Fig. 1 Control points ····· 4

Fig. 2 Control polygon ····· 5

Fig. 3 Local modification function ····· 6

Fig. 4 Graphic user interface of Rhino3D ····· 7

Fig. 5 Weight function of Rhino3D ····· 8

Fig. 6 Sweep2 function of Rhino3D ····· 8

Fig. 7 Standard process of genetic algorithm ····· 10

Fig. 8 Expression of chromosome ····· 10

Fig. 9 Example of one-point crossover ····· 11

Fig. 10 Example of simple mutation ····· 11

Fig. 11 Decomposition of superyacht profile ····· 14

Fig. 12 Stem profiles ····· 15

Fig. 13 Stern profiles ····· 15

Fig. 14 Sheer profiles ····· 15

Fig. 15 Layout of control points along a stem profile ····· 17

Fig. 16 Continuities across neighboring zones ····· 17

Fig. 17 Parameters controlling slope-style stem curve ····· 19

Fig. 18 Parameters controlling slope and convexity of sheer curve ····· 19

Fig. 19 Parameters controlling S-line-type sheer curve ····· 19

Fig. 20 Parameters controlling stair-type sheer curve ····· 20

Fig. 21 Parameters controlling a stern profile ····· 20

Fig. 22 Parameters for scaling house profile ····· 20

Fig. 23 Interactive design dialogs for profile design and modification ····· 22

Fig. 24 Sunseeker 105(Sunseeker, 2008) ····· 23

Fig. 25 Westport 130(Westport, 2006) ····· 23

Fig. 26 Process of hull modeling ····· 25

Fig. 27 A waterline design ····· 25

Fig. 28 A decksideline design ····· 26

Fig. 29 Section with waterline and decksideline ····· 27

Fig. 30 Major Sections ····· 27

Fig. 31 Hull form in isoview ····· 28

Fig. 32 Principal lines ····· 29

Fig. 33 Typical interior layout ····· 32

Fig. 34 Crew stairs ····· 33

Fig. 35 Guest stairs ····· 34

Fig. 36 Engine room stairs ····· 34

Fig. 37 Platform stairs ····· 35

Fig. 38 Galley stairs ····· 35

Fig. 39 External stairs: zigzag style ····· 36

Fig. 40 External stairs: independent style ····· 36

Fig. 41 External stairs: symmetric style ····· 36

Fig. 42 Side stairs ····· 37

Fig. 43 Sun stair ····· 37

Fig. 44 Fly stair ····· 38

Fig. 45 Altered internal layout ····· 39

Fig. 46 Layout allocation process ····· 40

Fig. 47 Initial area arrangement for lower deck ····· 42

Fig. 48 Stair connectivity diagram ····· 43

Fig. 49 Initial dialog of automatic layout system ····· 44

Fig. 50 Layout solution 1 ····· 45

Fig. 51 Layout solution 2 ····· 46

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

Development of hull form modeling system and algorithm for preliminary interior space arrangement of superyacht

Kim, Dong-Ham

Division of Ocean Systems Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

In this dissertation, fundamental research on hull form design and interior space arrangement of superyacht is performed.

As a first step of hull form modeling, superyacht profile design system is developed to give an outline of superyacht. The two-dimensional profile is divided into four local zones after considering the functionality and connecting continuity of the profile at joining positions. Geometric characteristics of each zone are investigated and generalized for interactive shape design. Design parameters that facilitate the shape design process are derived depending upon the geometric behavior of free-form curves. Major characteristic curves such as design waterline, deck sideline, and sections are also interactively designed. A three-dimensional hull form is obtained by a surfacing technique. An interactive design system performing the modeling and modification processes is implemented using the graphic user interface technology.

General arrangements of superyacht are analyzed for internal space arrangement. Typical spaces are classified and allocated for an initial layout. Geometric and human-related factors are provided as constraints

to automatically derive possible arrangements. To find an optimal layout with given space elements and stair positions, a widely used genetic algorithm is utilized.

The results of this research yield a fundamental idea of designing a superyacht from scratch. An efficient and useful computerized system will serve as a guideline for the initial superyacht design.

KOREA MARITIME UNIVERSITY
1945
한국해양대학교

제 1 장 서 론

1.1. 수퍼요트의 정의

요트는 크게 두 종류로 나뉜다. 엔진을 장착하여 동력으로 움직이는 것을 모터요트, 돛을 이용하여 움직이는 것을 세일요트라고 한다. 수퍼요트는 이 두 종류를 포함한 모든 고급 레저선박을 통칭하는 용어다.

공식적으로 수퍼요트는 길이 23m 이상의 요트 중에서 전문 선원이 운항하는 아주 고가의 개인 호화요트이며, 수퍼요트협회(Superyacht Society)로부터 디자인 인증을 받은 요트를 지칭한다(백인기, 2008). 수퍼요트는 일반 요트와는 달리 미적인 외관 모습에 중점을 두고, 편리한 기능에다 미적인 아름다움과 화려함을 지닌 실내를 강조하는 고급 레저 선박이다. 길이는 23m부터 크게는 100m까지 이르는 것도 있으며, 최근에는 길이 100m 이상의 초호화급인 메가요트(Megayacht)까지 개발되고 있다.

수퍼요트는 호화선박이라고 하는 크루즈 선에 비견될 정도로 고급스러운 선박으로 선박의 안정성, 선회성, 스피드 등 최고의 기능을 요구할 뿐 아니라 감성공학기술을 적용한 아름다운 외관, 그리고 열악한 환경조건 하에서도 쾌적하고 안락한 실내공간을 요구한다. 특히 고급 인테리어 디자인이 매우 중요하여 거주구 및 선실에 첨단 인간공학, 유니버설 디자인기법, 최적공간배치기법, 최신 공기조화설비 등 기능적이고 경제적이면서 쾌적한 고급 실내공간을 요구한다. 따라서 최고의 기술력과 디자인능력을 가지고 있는 이탈리아, 네덜란드, 영국, 프랑스, 미국 등 요트 선진국에서만 첨단 수퍼요트의 디자인과 개발을 선도하고 있다.(남종호 등, 2007)

1.2. 연구 배경 및 필요성

수퍼요트 산업은 대형 조선 산업 및 중소형 조선 산업 모두의 참여가 가능한 고부가가치 시장으로서, 요트관련 제조업 및 서비스업 등과 연계되어 국가 및 지역경제의 새로운 성장 동력으로 주목받고 있다. 서구 선진국에서 대형 조선 산업은 쇠퇴하는 반면에 수퍼요트를 생산하는 중소규모 조선 산업 매출과 고용

이 지속적으로 증가하는 추세이다.

수퍼요트는 갈수록 대형화 되고 있으며 유럽, 미국등과 같은 선진국에서 대부분의 수퍼요트 시장을 장악하고 있다. 최근 세계 요트산업의 동향을 보면 80피트(약 24m) 이상의 호화 수퍼요트 시장이 꾸준하게 팽창하고 있다는 사실을 발견할 수 있다. 2006년의 수퍼요트 시장점유율을 보면, 이탈리아가 37.8%로 압도적인 1위에 있으며 미국이 12.4%, 네덜란드와 영국은 각각 7~8% 수준에서 3,4위를 다투며, 독일과 뉴질랜드가 그 뒤를 잇고 있다(김진근, 2008).

우리나라의 경우 수퍼요트를 생산함에 있어서 조선기술력은 충분히 보유하고 있지만 고가의 장비나 인테리어 생산에 대한 경쟁력이 많이 떨어지는 상황이다. 고부가가치 선박에 대한 건조비중을 높여가야 되는 상황에서 수퍼요트 시장에 뛰어들지 못하고 있다는 것은 참으로 안타까운 일이다. 하루빨리 부족한 부분에 대한 방안을 마련하여 수퍼요트 시장에 대한 경쟁력을 키워야 할 필요가 있다.

수퍼요트에 대한 연구 자료가 많이 부족하여 본 연구를 수행하면서 상당한 어려움이 있었다. 수퍼요트의 선형을 정의하는데 있어서 조선공학적 연구 내용이 부족할 뿐만 아니라 실내 디자인에 대한 공학적 설계의 가이드라인이 제시되어 있지 않다. 특히 스타일 디자인이나 실내공간배치는 전문가의 경험에 의존적이라서 쉽게 접근하기 힘들다. 그러므로 수퍼요트를 설계하는데 있어서 공학적인 접근이 가능하도록 연구되어야 할 필요성이 있다. 이를 위해 본 연구에서는 수퍼요트 선형 모델링과 실내공간배치에 관한 기초연구를 수행하도록 한다.

1.3. 연구내용

3차원 선형 모델링을 하기 위해서는 3차원 기하학적 정보가 필요하다. 하지만 수퍼요트의 3차원 형상에 대한 자료는 많이 부족하기 때문에 3차원 모델링을 바로 수행하기에는 어려움이 있다. 3차원 모델링을 위한 기초 작업으로 수퍼요트의 개략적인 형상이 먼저 확립되어야 한다. 이를 위해 선형을 3차원으로 구현하기에 앞서 수퍼요트의 프로파일 형상을 확립한다.

수퍼요트 프로파일을 기초로 하여 수퍼요트 선형을 생성한다. 프로파일 형상이 결정되고 나면, 워터라인, 데크사이드라인, 단면형상 정보가 추가된다. 이 모든 정보를 기반으로 하여 매끄러운 선형을 생성한다. 각 주요 라인과 선형은 NURBS 곡선 및 곡면 표현법이 사용된다.

최종적으로 생성된 선형에 맞도록 초기 공간배치를 수행한다. 이미 상용화 중인 수퍼요트의 공간요소와 계단의 위치를 분석하고 공간배치에 적용할 수 있는 조건들을 찾는다. 최적화 방법 중 하나인 유전 알고리즘에 조건들을 적용하여 개략적인 수퍼요트 초기 공간배치를 수행하는 프로그램을 개발한다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY
1945
한국해양대학교

제 2 장 주요 기술에 대한 기본 이론

2.1. 개요

본 연구에서 사용된 주요 기술에 대한 정리이다. NURBS와 Rhino3D 프로그램, 유전 알고리즘이 연구에 활용되었으며 이에 대한 기본 이론과 설명들을 기술한다. 2장에서 주요 기술들을 정리함으로써 이후 자세한 설명은 하지 않도록 한다. NURBS와 Rhino3D는 모두 3장과 4장에서 사용되었고, 5장에서는 유전 알고리즘이 사용되었다.

2.2. NURBS

NURBS는 Non-uniform rational B-spline의 약자로 3차원 곡선 및 곡면을 수학적으로 표현하는 방식들 중에서 가장 진보된 방식이다. NURBS는 Fig. 1과 같이 조정점(Control point 또는 Vertex)이라고 불리는 제어점을 이용하여 곡선 또는 곡면을 제어한다. 현재 3D MAX, Rhino 3D, Maya등과 같은 소프트웨어에서 공통적으로 사용되고 있다.

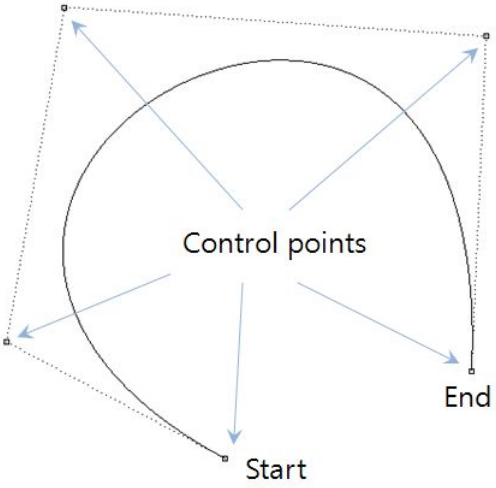

Fig. 1 Control points

● NURBS의 특징

NURBS는 Fig. 1에서 나타나고 있는 것과 같이 시작 조정점(Start)과 마지막 조정점(End)은 반드시 지나며 중간에 있는 조정점들을 근사하는 곡선 및 곡면이 생성된다. 또한 조정점들로 이루어진 직선 또는 다각형을 조정다각형(Control polygon, Fig. 2)이라 하며, 조정다각형으로 이루어지는 공간을 볼록껍질(Convex hull)이라 한다. 조정점에 의해서 생성되는 곡선 및 곡면은 반드시 볼록껍질 안에 존재한다. 그리고 시작 조정점, 마지막 조정점과 접하는 조정다각형의 기울기는 시작 조정점, 마지막 조정점에서의 곡선 기울기와 같다는 특징이 있다. 이와 같은 특징으로 인해 생성되는 곡선 및 곡면의 형상은 어느 정도 예측이 가능하다.

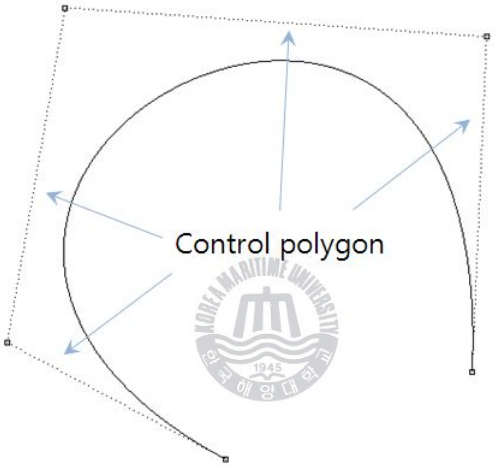

Fig. 2 Control polygon

NURBS는 Fig. 3과 같이 조정점을 이동함으로써 곡선 및 곡면의 국소적인 수정이 가능하다. 수정된 조정점으로부터 인접한 몇 개의 조정점 범위에서만 곡선 및 곡면의 형상이 변하며 다른 부분은 동일한 형상을 유지한다. 이와 같은 특징은 전체 스타일을 유지하면서 부분적으로 세밀하게 형상을 수정하기 위해 아주 유용하다. NURBS에 대한 보다 자세한 사항은 참고문헌(Piegl and Tiller, 1997; Rogers, 2001)을 참고한다.

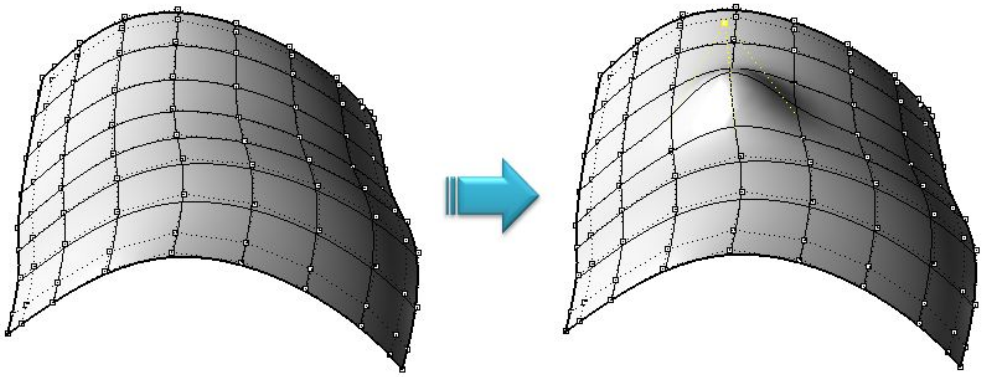

Fig. 3 Local modification function

2.3. Rhino3D

Rhino3D는 개인 컴퓨터용으로 개발된 모델링 프로그램이다. 단순한 형상부터 복잡한 형상까지 정확하고, 쉽고, 빠르게 모델링할 수 있다. 기본적인 렌더링 기능과 분석기능을 갖추고 있으며 각종 데이터 파일 형식을 지원하여 다른 응용 프로그램과 호환이 가능하다. CAD와 매개변수적 모델링 소프트웨어를 사용하여 제품 모델링 작업을 할 경우, Rhino3D를 보조적인 도구로 병용하면 작업 공정을 향상시킬 수 있다(Rhino3, 2003).

Rhino3D의 사용자 인터페이스는 Fig. 4와 같다. Rhino3D는 2차원뿐만이 아니라 3차원 모델링 기능과 편집, 분석 기능을 모두 갖추고 있다. 또한 누구나 플러그인을 개발하여 기능을 추가해 사용할 수 있어서 보다 다양하게 활용할 수 있는 장점이 있다. 현재 라이노마린(RhinoMarine)이라는 플러그인이 개발되어 있으며, 이를 이용하여 보다 정밀한 선형 생성이나 기본적인 유체정역학적 해석을 수행할 수 있다.

제어점 커브(명령어: Curve)를 이용하여 곡선을 그린 뒤, 제어점 편집하기(명령어: PointsOn) 기능으로 조정점을 확인할 수 있다. 생성된 곡선을 수정 하고 싶을 경우, 마우스 드래그를 통해 조정점을 이동시킨다. 조정점을 이동 시키면 곡선이 함께 변하는 것을 확인할 수 있기 때문에 원하는 형상으로 수정하기가 편리하다.

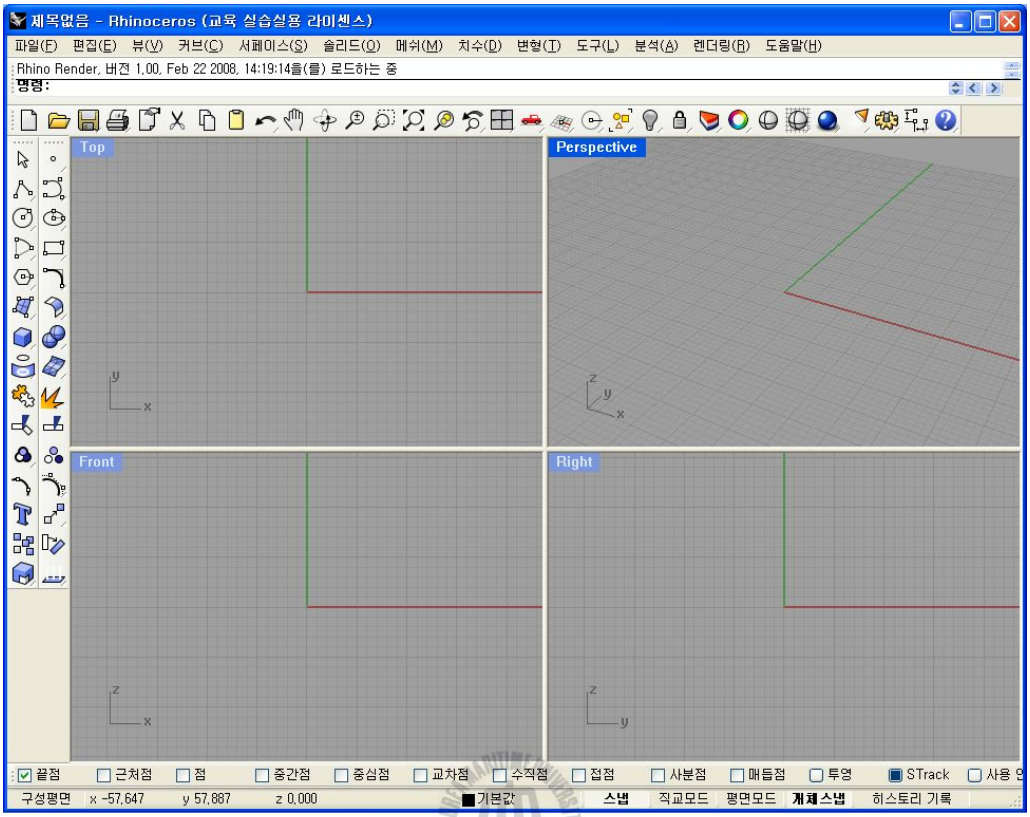

Fig. 4 Graphic user interface of Rhino3D

Rhino3D의 기능으로 조정점에 대하여 가중치(weight)를 줄 수가 있는데 가중치의 값에 따라 곡선의 형상이 달라진다. 제어점 웨이트 설정(명령어: Weight) 기능을 선택하고 수정을 원하는 조정점을 선택하면 가중치를 변경시킬 수 있다. Fig. 5와 같이 가중치가 커질수록 조종점이 마치 곡선을 당기고 있는 것처럼 곡선의 형상이 달라진다. 가중치에 대한 자세한 설명은 참고문헌(Rogers, 2001)을 참고한다.

곡면을 생성하기 위하여 많은 기능들을 Rhino3D에서 제공하고 있는데, 본 연구에서 사용한 기능은 2개 레일 스윕(명령어: Sweep2)이다. 2개 레일 스윕은 2개의 가장자리 곡선과 1개 이상의 프로파일 곡선을 사용하여 곡면을 만든다. Fig. 6에서와 같이 2개의 노란색 곡선은 레일(Rail)로 사용하고 나머지 곡선은 프로파일(Profile)로 선택하여 곡면을 생성한다.

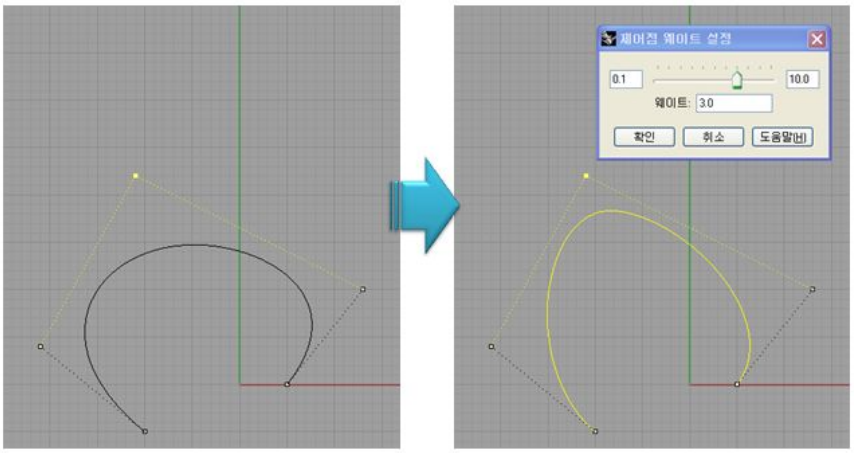

Fig. 5 Weight function of Rhino3D

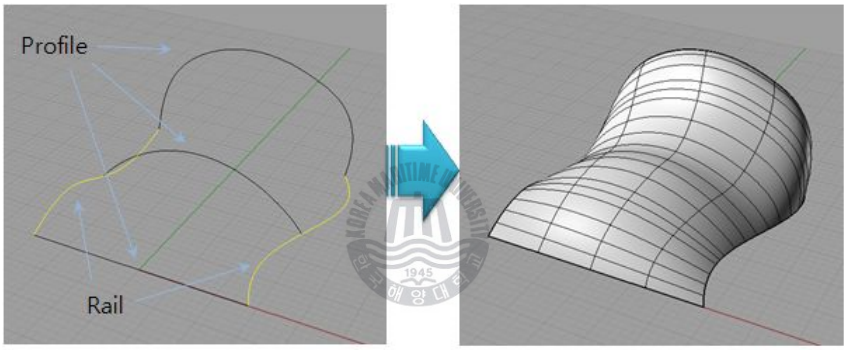

Fig. 6 Sweep2 function of Rhino3D

2.4. 유전 알고리즘(Genetic algorithms)

2.4.1. 개요

유전 알고리즘은 최적화 문제를 해결하는 기법들 중에 한 가지 방법이며 진화의 원리를 과학 및 공학 문제 해결에 이용한 것이다. 진화의 원리를 컴퓨터상에서 구현하려는 많은 사람들의 시도가 있었고, 결정적으로 1975년 존 홀렌드(John Holland)가 『Adaptation in Natural and Artificial Systems』를 세상

에 발표하여 유전 알고리즘의 이론적 기반을 다졌다. 이후 컴퓨터과학, 물리학, 생물학, 화학, 경제학, 각종 공학 등 많은 분야의 연구자들이 이를 개발하고 활용하였다(문병로, 2008).

유전알고리즘에서는 강하고 약한 유전자들이 한 세대에서 다음 세대로 진화해 간다. 약한 유전자들은 소멸하기도 하고 보다 강한 유전자로 진화하기도 한다. 이와 같은 메커니즘을 스키마(schema)를 통해 이를 설명할 수 있다. 스키마에 대한 자세한 사항은 참고문헌(Michalewicz, 1999)을 참고한다.

2.4.2. 유전 알고리즘의 기본 용어

- 염색체(Chromosome): 염색체는 문제를 해결하기 위한 임의의 해를 유전 알고리즘에 적합한 형태로 표현한 것이다. 유전 정보를 담고 있는 염색체와 비슷하다.
- 유전자(gene): 염색체의 각 인자를 유전자라고 한다. 염색체가 유전정보를 담고 있는 것과 마찬가지로 정보를 담고 있는 유전자가 모여 염색체를 이룬다.
- 세대(Generation): 해의 집합으로 교배(Crossover)나 변이(Mutation)를 통해 다음 세대를 만들어낸다.
- 인구 수(Population size): 특정 세대의 염색체 개수를 의미한다.
- 적합도 평가(Evaluation): 각 염색체에 대해 점수(적합도)를 부여한다. 적합도는 환경에 적응할 수 있는 정도를 나타내는 값이라고 할 수 있다.
- 선택(Selection): 적합도를 평가하여 현 세대의 모집단으로부터 다음 세대를 구성하는 유전자를 선택한다. 선택된 염색체들이 교배, 돌연변이 된다.
- 교배(Crossover): 두 염색체들 사이에 유전자의 일부를 교환하여 두 개의 새로운 염색체를 만든다.
- 돌연변이(Mutation): 염색체 내의 유전자를 랜덤하게 변환해서 새로운 염색체를 만든다.

2.4.3. 유전 알고리즘의 기본 구조

유전 알고리즘은 기본적으로 Fig. 7과 같은 구조로 되어있다. 먼저 초기 세대를 생성하고 적합도 평가를 수행한다. 선택, 교배, 돌연변이를 수행하여 다음 세대를 생성하고, 평가한다. 새로운 세대가 정지 조건에 맞으면 유전 알고리즘

이 끝나고, 맞지 않으면 다시 새로운 세대를 생성하는 일을 반복한다.

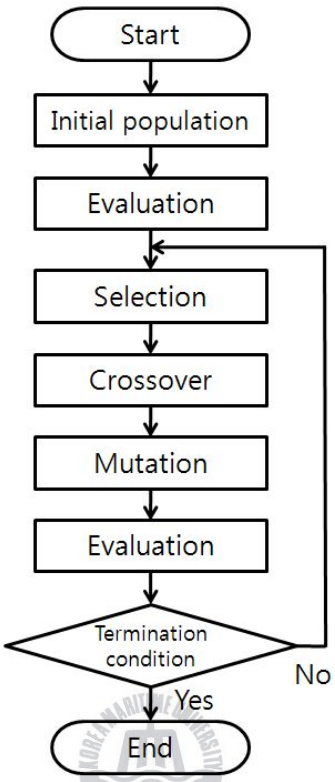

Fig. 7 Standard process of genetic algorithm

(1) 염색체 표현

가장 전형적인 유전 알고리즘은 염색체를 이진 스트링 모양으로 표현하는 것이다. 즉, 유전자가 이진수로 표현되고 이 유전자들이 모여 염색체를 이룬다. 예를 들어 어떤 수를 해로 삼을 때, 이진수로 나타내면 Fig. 8과 같이 표현할 수 있다.

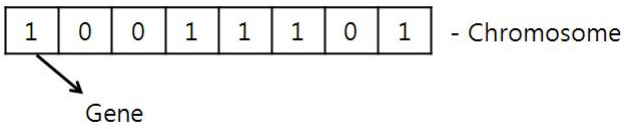

Fig. 8 Expression of chromosome

초기 유전 알고리즘은 거의 이진수 표현을 사용했으나 갈수록 다양한 형태의 표현방법이 등장하였다. 실수 표현, 그레이 코딩 등 매우 다양한 표현 방

법들이 존재한다. 실수 표현방법은 이진수 대신에 실수로 유전자가 표현되는 방법이다.

(2) 선택

선택은 적합도를 기준으로 세대가 거듭 할수록 약한 염색체를 몰아내고 전체적으로 강한 집단을 형성하도록 해준다. 룰렛 휠 선택, 토너먼트 선택 등 많은 선택 방식이 존재한다.

(3) 교배

가장 기본적이 교배 방법은 일점교배(one-point crossover)다. 한 세대의 모든 염색체들 중에서 2개를 랜덤하게 선정한다. 유전자의 총 개수 이하의 랜덤한 수를 발생시켜 하나의 유전자를 선택하고, 선택 된 유전자 오른쪽에 있는 모든 유전자를 교환시킨다.

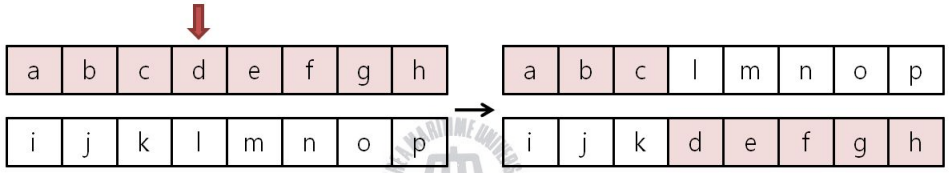

Fig. 9 Example of one-point crossover

(4) 돌연변이

가장 기본적인 돌연변이 방법은 단순돌연변이(simple mutation)다. 세대 내의 염색체에서 유전자들을 대상으로 순차적으로 돌연변이 시킨다. 돌연변이 확률에 따라 돌연변이 수행 유무가 결정된다.

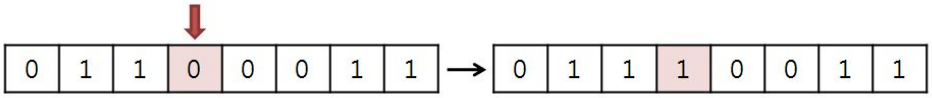

Fig. 10 Example of simple mutation

2.4.4. 유전 알고리즘 활용

유전알고리즘은 문제의 파라미터를 직접 이용하기 보다는 이를 적절히 기호

표현하여 이용한다. 또한 유전알고리즘을 사용하여 얻어진 결과는 결정적이기 보다는 확률적이기 때문에 정확한 해를 갖지 않는 문제에 적합하다. 매우 복잡하고 규모가 큰 탐색공간에서도 원만히 동작하며, 목적함수를 선택하는데 있어서도 매우 유연하다는 장점이 본 연구에 적합하였다. 본 연구에서는 가장 기본적인 형태의 단순 유전알고리즘(Simple genetic algorithm)을 응용한다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY
1945
한국해양대학교

제 3 장 수퍼요트 프로파일 설계

3.1. 개요

선형을 생성하기 위해서는 선형의 골격을 이루는 주요 형상 곡선들이 필요하다. 주요 형상 곡선들 중에서 수퍼요트 프로파일의 형상을 먼저 결정하기로 한다. 프로파일은 선박의 측면 형상을 나타내며, 스타일이 중요시되는 수퍼요트는 프로파일의 형상이 중요시된다. 그러므로 미학적, 공학적 설계관점을 모두 고려한 수퍼요트 프로파일 설계 방법을 연구한다.

이 장에서는 수퍼요트 프로파일을 네 가지 구역요소로 구분하고 각 구역요소마다 형상적인 특징을 정의하였다. 정의된 모든 형상을 NURBS 곡선으로 표현하였고 파라메트릭 기법을 이용하여 보다 쉽게 형상을 정의할 수 있도록 하였다. 마지막으로 이를 수행할 수 있는 수퍼요트 프로파일 설계 프로그램을 개발하여 실재하는 수퍼요트 프로파일과 비교해 보았다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 해양대학교

3.2. 수퍼요트 프로파일의 분류

수퍼요트 프로파일을 디자인할 때는 미학적인 요소가 필요하기 때문에 특정 전문가가 아닌 이상 전체적인 프로파일 형상을 한 번에 디자인하기는 힘들다. 수퍼요트 프로파일의 전체 형상을 고려하는 것보다 부분적으로 디자인하여 연결할 수 있으면 보다 쉬운 디자인이 가능해진다. 이를 위해, 형상적인 특징을 잘 나타낼 수 있는 최소단위로 수퍼요트 프로파일의 형상을 구역요소로 분류한다.

독일 뒤셀도르프 국제 보트 박람회, 이태리 제노바 국제 보트 쇼와 수퍼요트 제작회사 및 관련 저널에서 32개의 수퍼요트 프로파일(이한석 등, 2006)을 수집하였다. 수집된 자료의 대부분은 간략 화된 스케치 형식으로 나타내고 있어서 정확한 정보를 얻을 수는 없었으나 개략적인 프로파일의 형태나 특징은 파악할 수 있었다.

전체적인 수퍼요트 프로파일 형상을 Fig. 11과 같이 선수(stem)부분과 선미(stern)부분, 현호(sheer)부분, 하우스(house)부분으로 구분한다. 각 구역요소

는 아주 다양한 형상을 나타내고 있지만 유사한 특징을 나타내는 형상끼리 분류하면 일반화 시킬 수 있다. 수집한 수퍼요트 프로파일의 각 구역요소를 분석하여 형상적인 특징을 일반화하고, 세부요소로 분류한다.

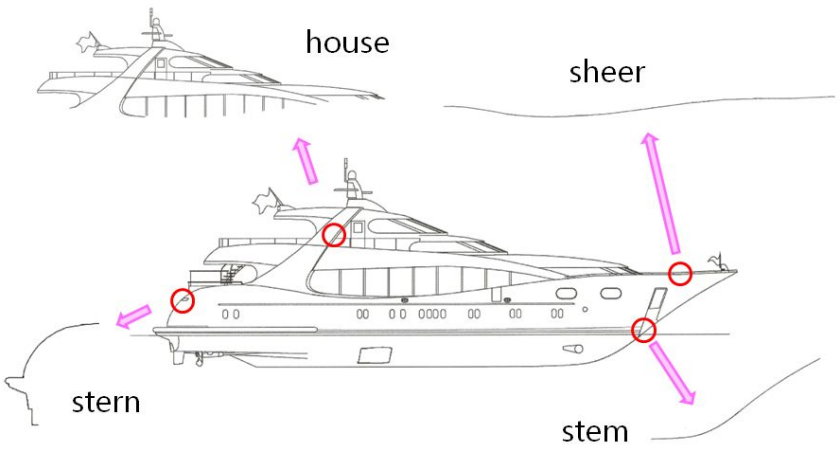

Fig. 11 Decomposition of superyacht profile

선수라인는 Fig. 12의 왼쪽에서부터 경사형, 오목형, 볼록형으로 분류하고, 선미라인은 Fig. 13과 같이 윗줄의 왼쪽부터 경사형, 꺽인형, 아랫줄은 반원형, 라운드형으로 구분할 수 있다. 선수, 선미 라인은 수면과 접하는 부분이기 때문에 디자인 요소뿐만이 아니라 성능적인 측면에서도 중요하다. 선수는 현호와의 조화를 통해 전체적인 진행 감을 나타내 줄 수 있으며, 선미는 출입구, 수영 플랫폼, 계단 등의 기능적인 요소를 충분히 고려하여 디자인 되어야 한다.

현호라인은 Fig. 14의 위에서부터 S라인형, 오목형, 볼록형, 계단형, 경사형으로 구분한다. S라인형과 계단형은 가장 선호되는 스타일이며, 전체외관에서 안정감을 준다. 볼록형은 실내공간을 확보하는데 유리하며, 오목형은 클래식한 외관 스타일을 나타낸다.

하우스라인은 수퍼요트 외관의 미적 요소에 큰 영향을 끼치는 디자인 요소로 수선 및 현호라인과의 조화가 필요하다. 현호라인과의 조화, 현호라인의 각도차에 따라 선박 외관에 안정감, 속도감 또는 진행 감을 줄 수 있다. 하우스부의 경우는 요트마다 그 형상이 다르며 일반화하기가 어렵기 때문에 따로 분류하지 않는다. 본 연구에서는 하우스의 형상을 모델링하여 라이브러리에 저장하고, 사용자가 원하는 형상을 택하는 선택적 설계방법을 택한다.

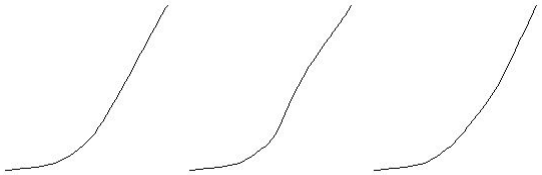

Fig. 12 Stem profiles

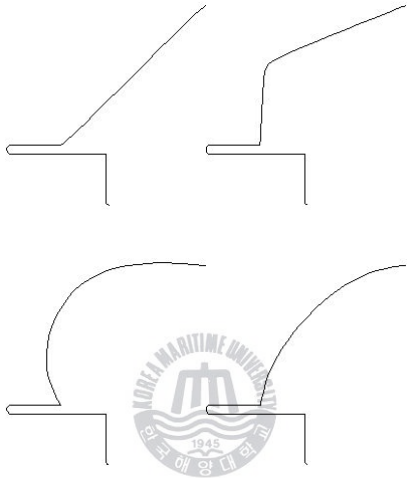

Fig. 13 Stern profiles

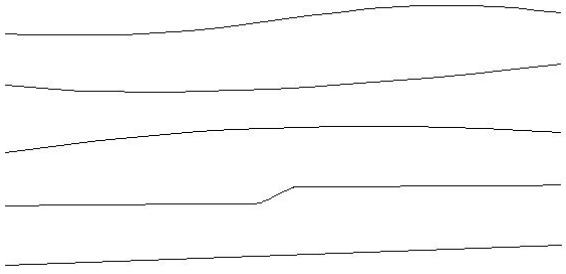

Fig. 14 Sheer profiles

3.3. NURBS 곡선 모델링

위에서 정의한 모든 구역요소 형상들에 파라미터를 적용하기 위하여 NURBS 곡선 모델링을 수행한다. NURBS 곡선은 생성되는 곡선의 형상을 짐작하기 쉽고, 상세한 형상 보다는 개략적인 형상을 표현하는데 적합하다. 이런 NURBS 곡선의 특징은 각 구역요소의 특징들을 효율적으로 나타내기에 적절하다. 모델링을 위한 도구로는 NURBS를 기반으로 하고 있는 상용 CAD패키지인 Rhino3D를 이용한다.

반복적인 모델링을 수행하여 각 구역요소의 형상을 잘 나타낼 수 있는 조정점의 정보를 결정한다. 조정점의 위치, 개수, 가중치의 값에 따라 구역요소의 형상이 결정된다. 가능한 최소한의 조정점으로 형상이 나타 날 수 있도록 한다.

선수부의 조정점 정보의 경우 Fig. 15와 같이 조정점의 개수를 8개로 한다. B와 G 조정점은 곡선의 시작과 끝의 기울기를 나타내기 위한 조정점으로 둔다. 선수부 수선면 아래의 형상을 부드럽게 하기 위해 D, E, F 조정점은 아래의 식을 만족하도록 한다.

Ay = height_total
Ax = width_total
Hy = 0.0
Hx = 0.0
Dy = draft
Dx = Ax/2
Ey = 3*Dx/4
Ex = Ax-(Ay-Ey)/((Ay-Dy)/(Ax-Dx))
Fy = Dy/6
Fx = Ex/2

Ax, Ay는 A 조정점의 X, Y값을 나타낸다. width_total, height_total은 최대 X, Y값이며, draft는 흘수다.

하우스부의 경우 상용화 중인 수퍼요트의 프로파일 형상을 NURBS 곡선으로 모델링 한다. 다양한 하우스부의 형상 모델링 자료를 구축하여 놓으면 여러 가지 하우스부 형상을 스타일에 맞춰 적용해 볼 수 있다.

각 구역요소의 형상이 결정되면, 구역요소들을 연결하여 전체적인 수퍼요트

프로파일 형상을 얻는다. Fig. 16과 같이 각 구역요소들이 연결되는 연결점의 연속성(continuity)을 정의하여 전체적으로 부드러운 수퍼요트 형상을 만들 수 있다. C^0은 위치 연속성(position continuity)으로 연결점의 위치가 일치되도록 하였고, C^1은 기울기 연속성(tangent continuity)로 연결점에서의 위치는 물론이고 기울기까지 일치하도록 한다.

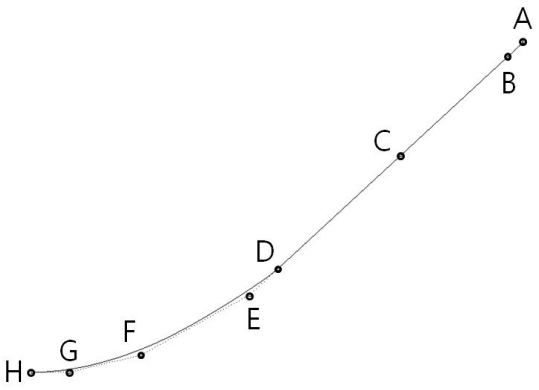

Fig. 15 Layout of control points along a stem profile

Fig. 16 Continuities across neighboring zones

3.4. 파라메트릭 기법 적용

일반적으로 NURBS 곡선을 수정하기 위해서는 조정점을 이동시켜야 하는데, 실제 설계에서 조정점을 변경할 때 원하는 형상을 얻기가 쉽지 않다. 또한 원하는 곡선 형상을 얻기 위해서 수많은 조정점들을 하나씩 수정하는 것은 번거로울 뿐만 아니라 비효율적이다. 손쉬운 설계가 가능하도록 파라미터법을 적용

하여 효율적으로 프로파일 설계를 돕고자 한다. Fig. 17에서 Fig. 22는 구역요소의 각 특징에 대하여 파라미터를 적용한 것이다.

파라미터법을 적용하여 프로파일을 설계할 때, 변화가 가능한 수치적인 요소에 대해 파라미터를 확립한다. 파라미터 값에 따라 프로파일의 형태를 변화시켜서 원하는 프로파일의 형상을 얻을 수 있다. 여러 가지 다양한 환경적, 미적, 성능적인 측면을 고려하여 프로파일 형태에 변화를 줄 수 있을 뿐만 아니라 필요에 따라 파라미터의 개수를 증가함으로써 복잡한 형상도 표현할 수 있다.

파라미터의 값에 따라 모델링 해 놓은 NURBS 커브의 조정점을 이동시켜 원하는 프로파일 형상을 얻을 수 있다. 이 때, 전체 형상이 달라지지 않도록 조정점의 위치를 고려한다. Fig. 17의 파라미터 A2에 의하여 ②번 조정점이 ①번 조정점보다 오른쪽에 있거나 위에 있게 되면, 전체 형상이 틀어진다. 그러므로 ①번 조정점이 ②번 조정점보다 오른쪽 위에 있을 수 있도록 고려해 주는 것이 필요하다.

파라미터를 결정할 때도 마찬가지로 제약조건을 주어 예상치 못한 형상이 될 가능성을 줄여야 할 필요가 있다. Fig. 17의 A1과 B1 파라미터는 각각 A2와 B2 파라미터보다 항상 커야 한다. 또한 A2 파라미터는 A1 파라미터 값의 1/2보다 큰 값을 가지지는 않는다. 이러한 경계 값을 적용하여 예상치 못한 형상이 될 가능성을 줄일 수 있다.

Fig. 18의 경우 시작과 끝 조정점 사이를 100등분으로 나누고, 중앙 조정점이 -50~50 단계를 가짐에 따라 형상이 결정되도록 한다. 중앙 조정점의 위치를 옮겨 봄으로써 전체 형상에 크게 벗어나지 않는 위치를 알아보고, 중앙 조정점의 최대, 최소 위치를 결정하였다. Fig. 19에서 Fig. 21의 파라미터 적용방법도 Fig. 17, Fig. 18과 마찬가지의 방법으로 적용한다.

하우스부분은 여러 가지 하우스 형상에 대한 모델링을 수행하였기 때문에 Fig. 22와 같이 기준점 위치와 크기 비율만 파라미터로 둔다. 파라미터 값이 결정됨에 따라 적절한 위치와 크기를 가질 수 있도록 한다. 단, 비율이 연계되지 않을 경우 원하지 않은 형상이 얻어질 수 있으므로 주의하여야 한다.

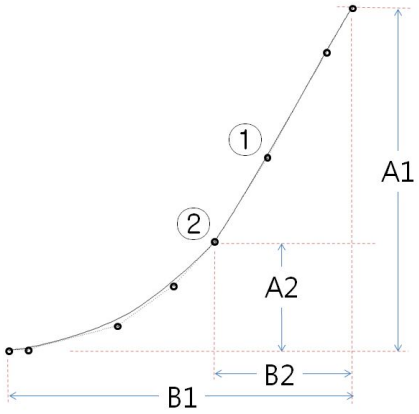

Fig. 17 Parameters controlling slope-style stem curve

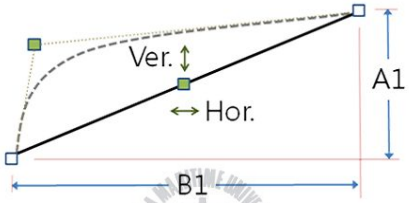

Fig. 18 Parameters controlling slope
and convexity of sheer curve

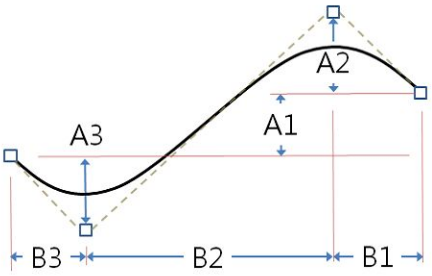

Fig. 19 Parameters controlling
S-line-type sheer curve

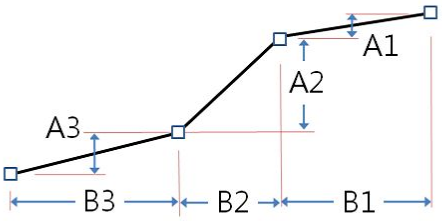

Fig. 20 Parameters controlling stair-type sheer curve

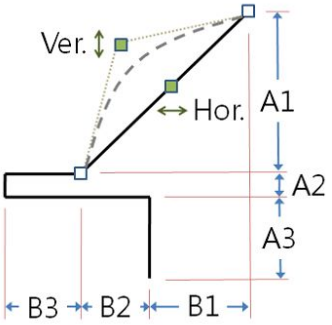

Fig. 21 Parameters controlling a stern profile

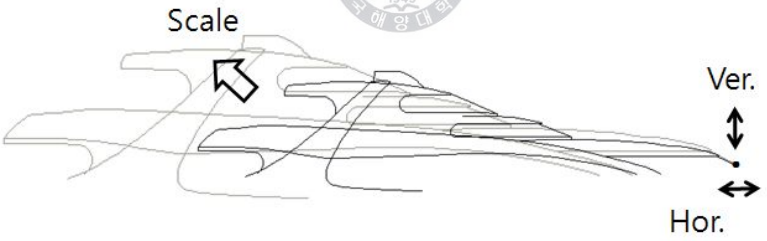

Fig. 22 Parameters for scaling house profile

3.5. 프로파일 설계 프로그램 개발

수퍼요트 프로파일에 대한 파라미터 값을 입력하면 전체 프로파일 형상을 얻는 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 파라미터 값이 입력되면 파라미터 값에 따른 조정점의 위치를 계산한다. 다음으로 정해진 조정점에 의해 커브가 생성

되고, 이를 연결점의 위치로 이동시킨다. 각 연결점에서 정해 놓은 연속성을 만족시키면 프로파일의 형상이 완성되고, 최종적으로 화면에 나타낸다.

적용이 실행되기 전까지 파라미터 값의 변화에 따라 계속해서 요트 형상이 바뀔 수 있도록 한다. 사용자는 파라미터의 값을 변화시켜 가며 원하는 수퍼요트의 스타일을 결정할 수 있다. 컴퓨터와 프로그램 간에 대화식으로 수퍼요트 프로파일의 형상을 결정하게 함으로써 빠르고 간편한 설계가 가능하게 된다.

MFC는 Microsoft foundation class의 약자로 윈도우 프로그래밍을 수행하는데 필요한 방대한 라이브러리(김용성, 2002; 박광우 등, 2006; 이재원, 2005)다. MFC에서 이미 만들어서 제공하는 라이브러리를 이용하기 때문에 프로그램 개발 효율을 높일 수 있다. 파라미터 값은 MFC의 다이얼로그 박스를 이용하여 입력할 수 있도록 하였고(Fig. 23), 수퍼요트 프로파일을 실시간으로 보여주는 그래픽스 도구로는 OpenCASCADE를 사용하였다. OpenCASCADE는 CAD/CAM/CAE로 활용하기 위한 오픈 라이브러리로 3D surface and solid modeling, visualization, data exchange 등을 제공한다.(OpenCASCADE, 2006)

이미 건조되어 사용되고 있는 수퍼요트의 프로파일과 본 프로그램을 통하여 출력된 프로파일을 비교하여 프로그램의 효용성을 확인한다(Fig. 24, Fig. 25). 프로그램을 통하여 수퍼요트 프로파일 형상을 효과적으로 나타낼 수 있음을 확인할 수 있다.

한국해양대학교 1945

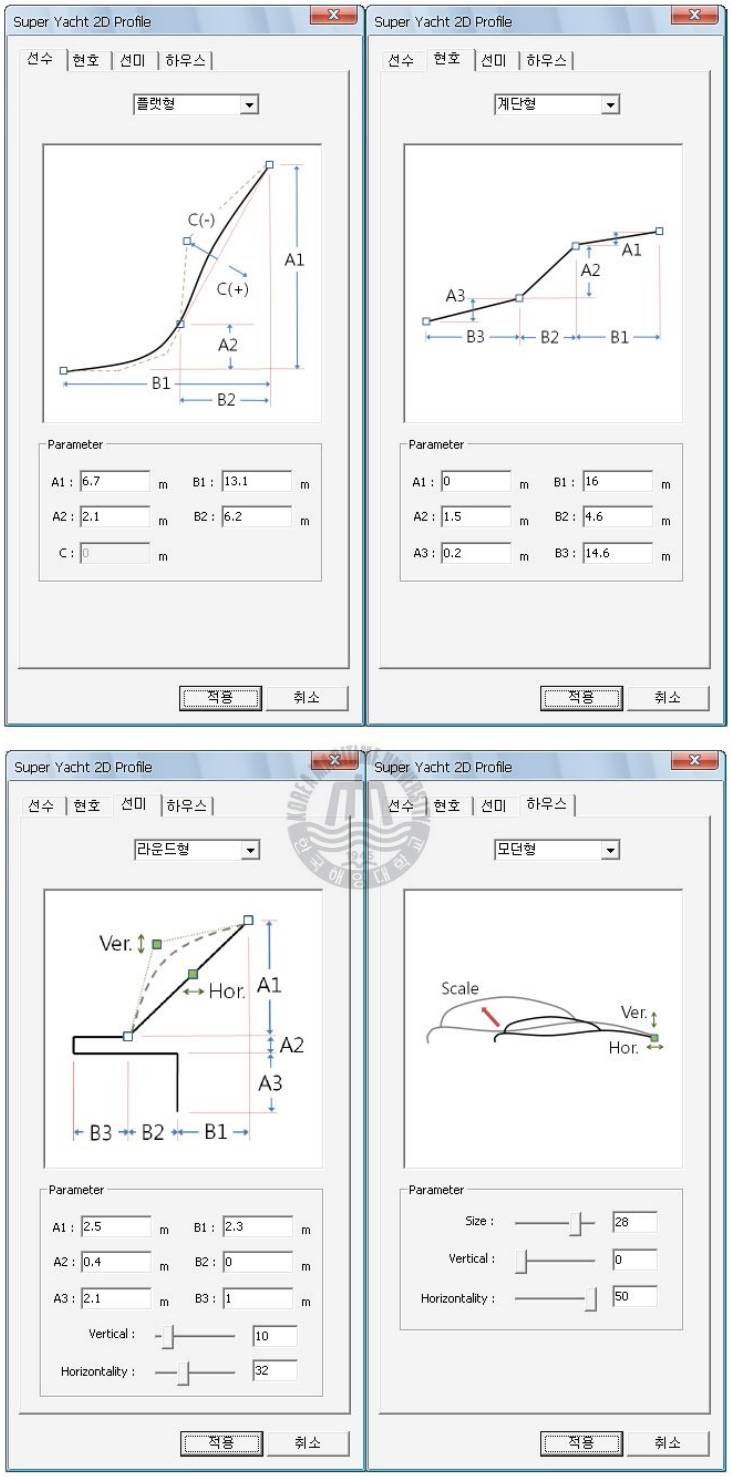

Fig. 23 Interactive design dialogs for profile design and modification

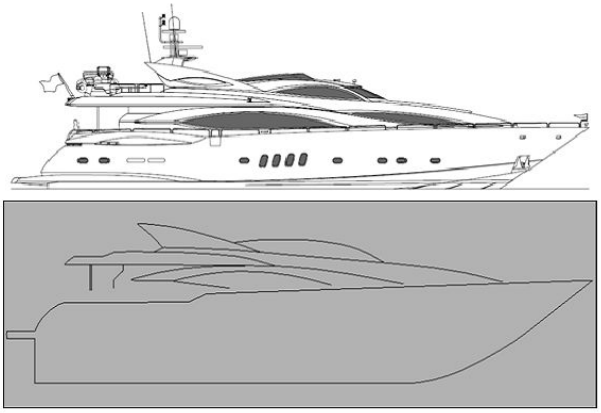

Fig. 24 Sunseeker 105(Sunseeker, 2008)

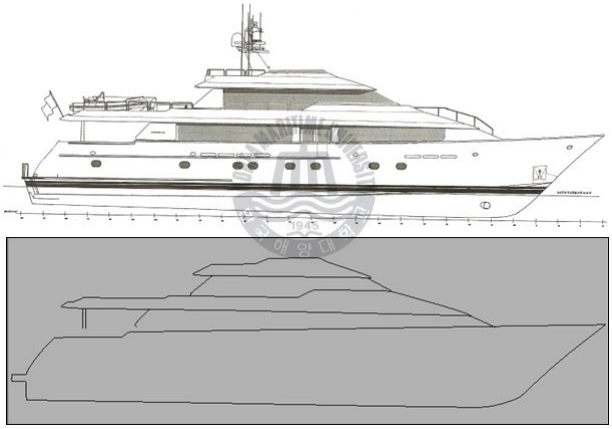

Fig. 25 Westport 130(Westport, 2006)

4장 수퍼요트 외판 형상 모델링

4.1. 개요

일반적으로 외판 형상을 모델링하기 위해서는 정면도(Body plan), 평면도(Half-breadth plan), 측면도(Sheer plan or Profile)가 정해져야 된다. 하지만 본 연구에서는 상세한 외판 형상을 모델링 하고자 하는 것이 아니라 수퍼요트 외판 형상 모델링을 위한 가이드라인을 제시하고자 하는 것이다. 수퍼요트는 모선(Mother ship) 자료가 많지 않을 뿐 아니라 구하기가 쉽지 않기 때문에 기존의 모선을 이용한 선형 수정 방식을 사용할 수 없다. 그렇게 때문에 모선을 이용하지 않는 방법으로 외판 형상 모델링을 수행한다.

4장에서는 수퍼요트 프로파일 형상이 정해지면, 주요 형상 곡선들을 추가하여 외판 모델링을 수행한다.

4.2. 모델링 순서

Fig. 26과 같은 순서로 외판 형상 모델링을 수행한다. 앞서 개발한 수퍼요트 프로파일 설계프로그램을 수행하면 프로파일의 형상이 결정된다. 워터라인과 데크사이드라인, 단면형상과 같은 주요 형상 곡선들을 모델링하고 모델링 된 모든 곡선들을 골격으로 한 수퍼요트 외판 형상을 생성한다. 주 라인들 생성과 외판 형상 모델링은 3차원 CAD 프로그램인 Rhino3D를 활용하였다. Rhino3D는 NURBS를 기반으로 하고 있으며 모델링을 수행하기 편리한 인터페이스와 기능을 제공해 주기 때문에 모델링을 수행하기 적합하였다.

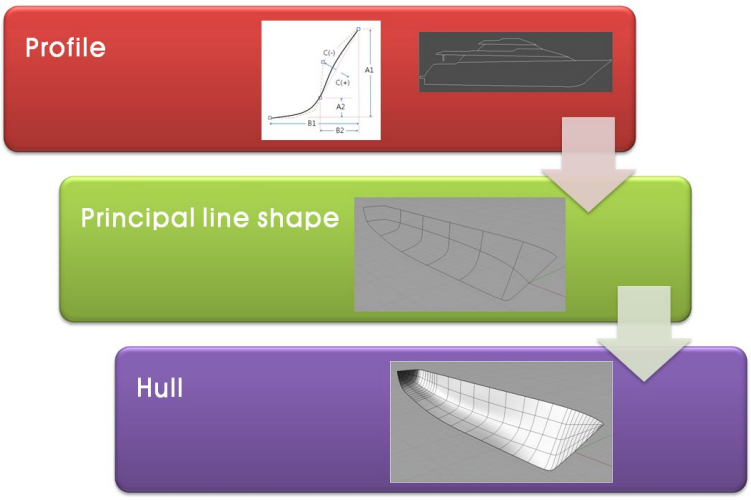

Fig. 26 Process of hull modeling

4.3. 워터라인과 데크사이드라인 형상 결정

조선공학적 수치정보를 이용하는 방법과 스타일링 관점에서 임의의 형상을 고려하는 방법으로 분류할 수 있다. 먼저 수치정보를 이용하는 방법은 워터라인과 데크사이드라인의 형상을 생성할 때, 수선면적(Aw)및 LCF, 입사각 등의 조선공학적 수치정보를 이용하는 것이다. 유체역학적인 관점에서 효율적인 수선면적과 LCF, 입사각들의 수치를 정하고 그 수치를 만족하는 조정점을 입력한다. 본 연구에서는 이와 같은 방식으로 개략적인 형태의 NURBS 곡선을 생성한 뒤, 조정점을 조금씩 수정하면서 수치정보에 맞도록 하였다. 이렇게 생성된 워터라인과 데크사이드라인은 각각 Fig 27, Fig 28과 같다.

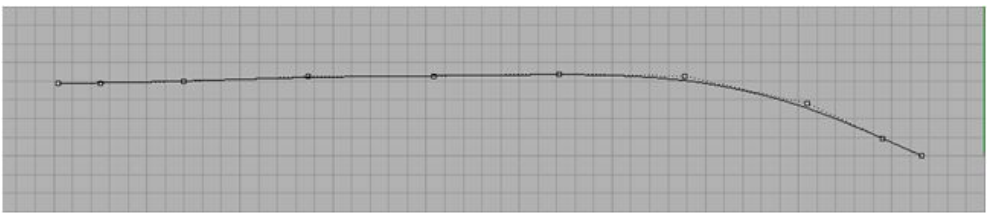

Fig 27. A waterline

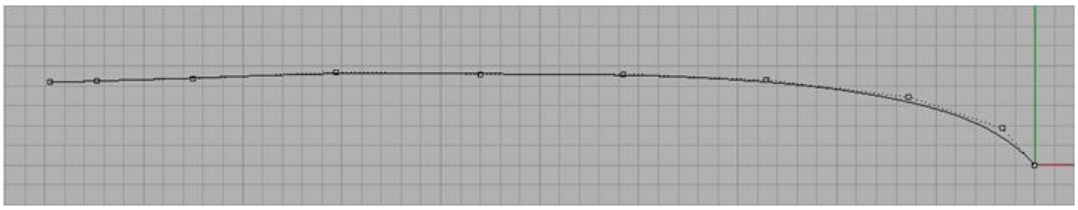

Fig 28. A decksideline

이와 다른 방법으로 최적화 문제를 통하여 워터라인과 데크사이드라인의 형상을 결정하는 방법이 있다. 수선면적, LCF와 같은 조선공학적 수치들을 변수로 하고 입력된 설계 수치들을 만족하는 조정점을 결정하는 것이다. 입력된 값에 따라 최적화 문제를 적용하여 조정점의 위치를 선정해 줄 수 있다.

4.4. 단면형상 결정

보다 정확한 외판 형상을 도출하기 위하여 선체 내부의 기하학적 정보가 필요하다. 가장 손쉬운 방법은 주요 단면형상을 활용하는 것으로 선체의 주요 골격을 주는 것이다. 프로파일과 워터라인, 데크사이드라인이 결정되고 나면 마지막으로 단면형상을 결정한다. 단면형상은 Fig. 29와 같이 프로파일, 워터라인, 데크사이드라인과 교차하도록 형상을 결정한다. 생성된 곡선들이 서로 교차하지 않을 경우, 주요 곡선을 골격으로 하는 외판 형상을 생성하기 어렵기 때문에 반드시 교차하도록 모델링한다. 단면형상은 워터라인 경우와 마찬가지로 단면적, VCF 등을 설계변수로 하여 최적화 된 단면의 조정점을 구할 수 있다(남종호, 2006).

스테이션라인은 Fig. 30과 같이 선박의 길이 방향으로 10개의 라인을 두었다. 스테이션라인의 개수를 증가시키면 상세한 외판 형상을 얻을 수 있지만 부드러운 외판 형상을 생성하기 힘들고, 스테이션라인의 개수가 작으면 너무 단순한 형태의 외판 형상을 생성하게 된다. 설계자의 목적에 따라 스테이션라인의 개수를 바꾸어 가면서 원하는 외판 형상을 얻을 수 있다.

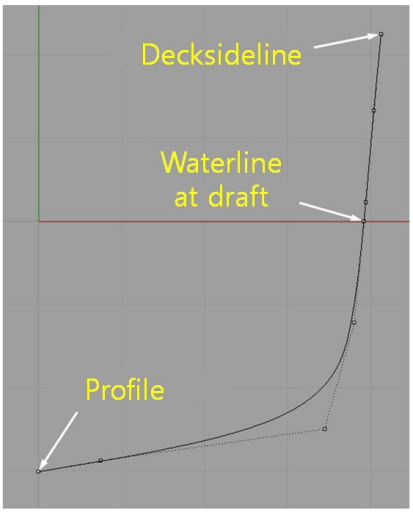

Fig. 29 Section with waterline and decksideline

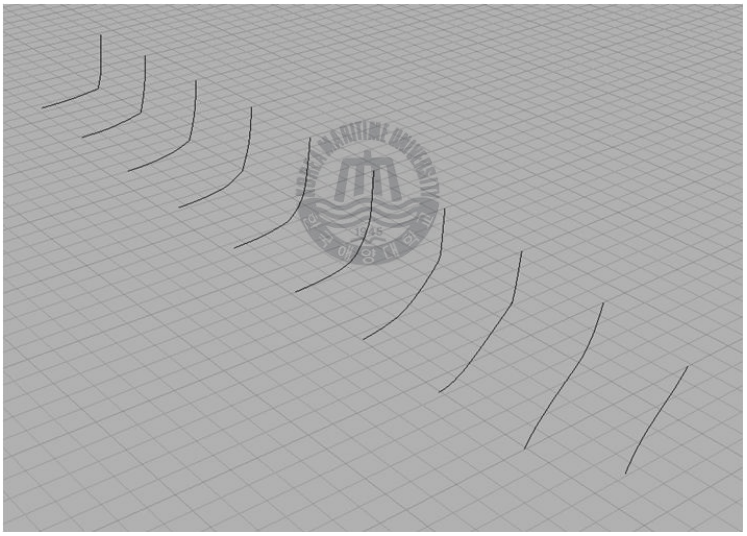

Fig. 30 Major Sections

4.5. 외판 곡면 모델링

최종적으로 완성된 모든 특성 곡선들을 이용하여 Fig. 31과 같은 NURBS 곡면을 생성한다. Rhino3D의 기능으로 한 번에 곡면을 생성하기가 힘들기 때문

에 수면 아래의 곡면 수면 위의 곡면을 따로 생성하였다. 생성된 곡면들을 연결하는 부분이 부드럽게 이어지도록 수정기능을 이용하여 보정해 주었다. Rhino3D의 2개 레일 스윕 기능을 이용하여 프로파일과 워터라인, 데크사이드 라인을 주 라인으로 선택하였으며, 모든 단면형상은 프로파일로 선택하였다. 최종적으로 완성된 모든 주 라인의 형상은 Fig. 32와 같다.

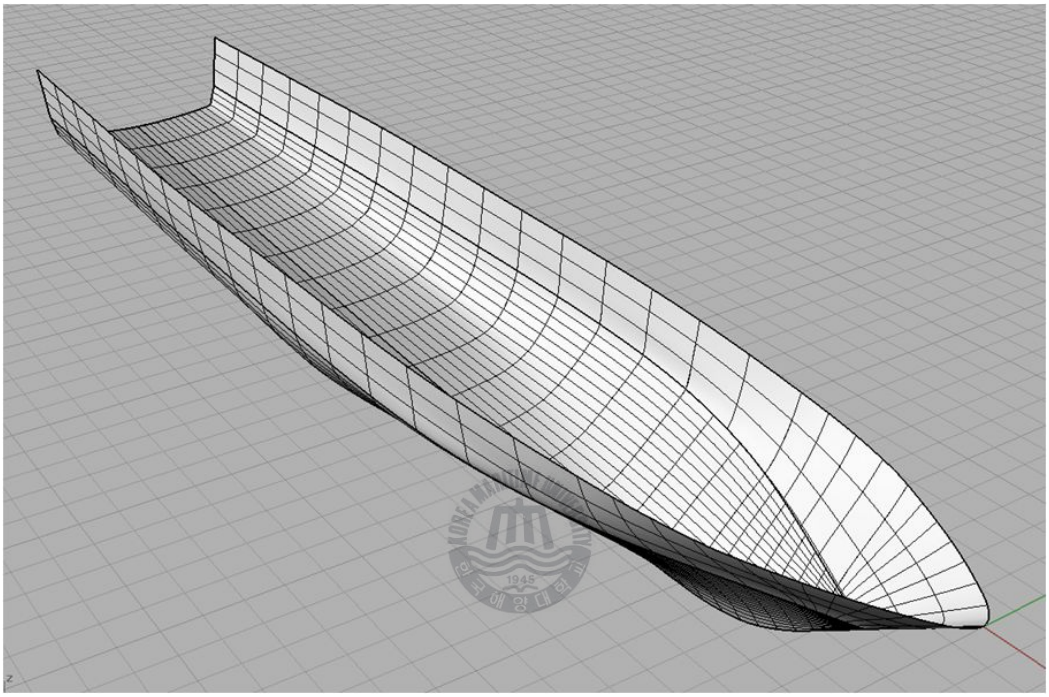

Fig 31. Hull form in isoview

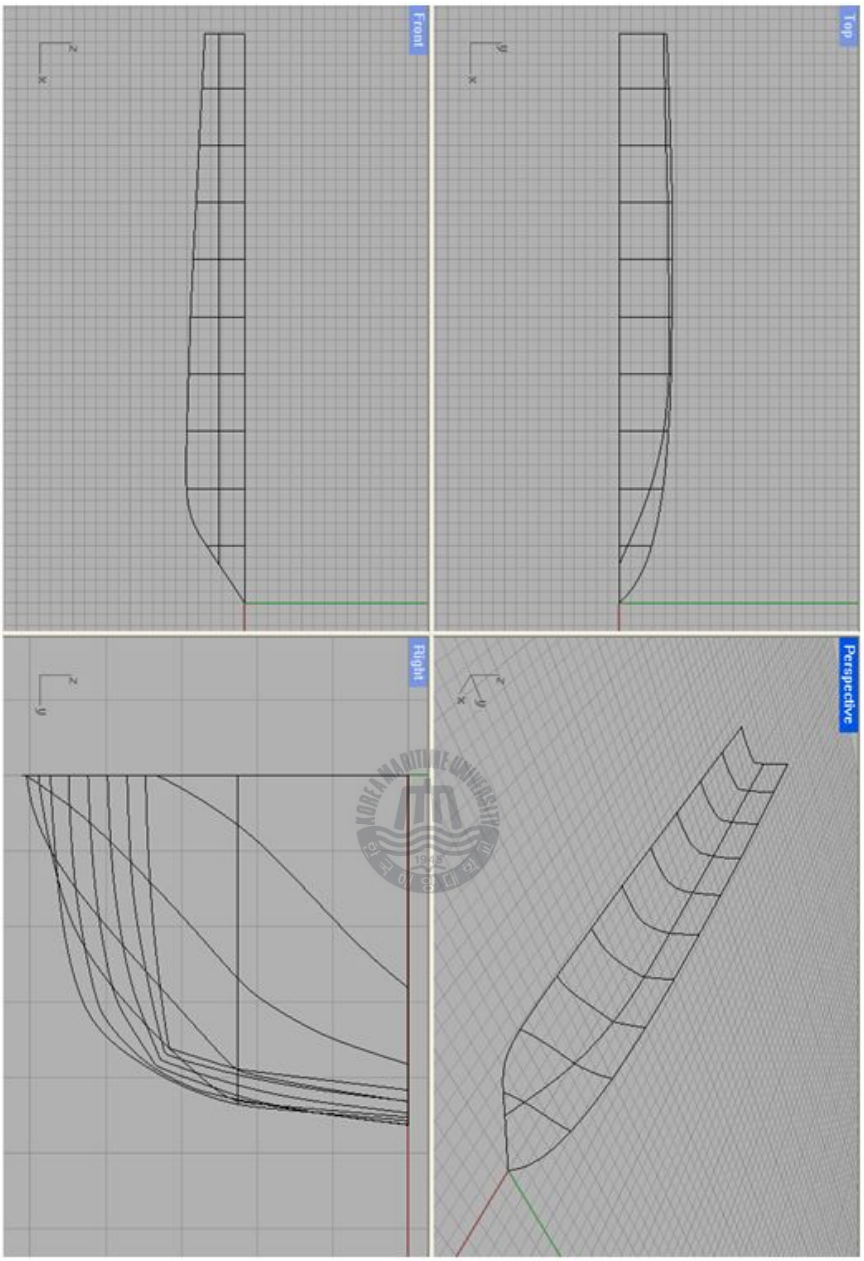

Fig. 32 Principal lines

제 5 장 수퍼요트 실내공간배치 시스템 설계

5.1. 개요

수퍼요트 실내공간배치의 경우, 문화, 활용 목적, 소유자의 신분, 취향 등에 따라 달라진다. 수퍼요트는 그 특성상 이런 조건들에 대하여 상당히 민감하기 때문에 충분히 고려해 주어야 한다. 실내공간배치 디자인을 수행할 때, 이와 같은 조건들을 접목시키기 위해서는 관련 지식을 충분히 갖고 있어야 한다.

일반적으로 배의 형상이 정해지면 경험이 많은 설계자가 공간배치를 한다. 설계자는 경험적으로 모든 조건들을 만족시키는 방법을 알고 있으며, 정해진 공간에 실내 디자인을 해 나갈 수 있다. 경험이 없는 사람이 디자인을 할 경우 많은 조건들을 만족시키는 디자인을 하기가 어렵다. 하지만 실내공간배치 수행에 필요한 조건들을 몇 가지 정형화할 수 있으면 경험에 의한 차이를 줄일 수 있다.

5장에서는 기존 수퍼요트의 실내공간배치를 분석하여 정형화할 수 있는 부분을 조사하였다. 이를 유전알고리즘에 적용하여 수퍼요트 초기 실내공간배치 알고리즘을 개발하였다.

5.2. 공간분석

제48회 제노바 보트 박람회(Genoa International Boat Show, 2008)에서 얻은 자료들과 수퍼요트 렌트회사에서 제공하는 일반배치도 자료들을 수집하였다. 다양한 크기의 수퍼요트들 중에 50m급 수퍼요트가 대규모에 속하며, 기본적인 공간에 추가로 부가적 공간까지 갖추고 있어 실내공간배치를 분석하기에 적당하고 판단하였다. 비록 50m급 위주로 분석을 하였지만 본 연구에서 제안된 실내배치 방법론을 응용하면 모든 길이에 대한 특정 실내배치로 확장할 수 있다고 사료된다.

수퍼요트 일반배치도의 공간 구성요소를 조사하고 배치유형을 분류하였다(이한석과 변량선, 2007). 경계를 구분하기 어려운 공간요소의 경우 명확히 구분될 수 있는 공간요소를 구성하도록 수정하였다. 주방(Galley)은 로비(Lobby)를,

조타실(Pilot house)은 라디오 룸(Radio room) 및 선장실(Captain room)을 포함한다.

50m급 수퍼요트는 대부분 4개의 갑판으로 이루어져 있으며 아래에서부터 하갑판(Lower deck), 주갑판(Main deck), 상갑판(Upper deck), 지붕갑판(Sun deck)이라 칭한다. 각 갑판을 포함할 수 있는 공간요소는 Table 1과 같다. VIP room의 경우 주갑판이나 상갑판 어디에나 위치할 수 있기 때문에 모두 포함되어 있다.

Table 1 Zone classification

Sun deck	Fly bridge(F.B), Boat(B)
Upper deck	Pilot house(P.H), Lobby(L), VIP room(V.R), VIP lounge(V.L), Aft deck(A.D)
Main deck	Fore deck(F.D), Master room(M.R), Galley(G), Salon(S), Dining room(D.R), Aft deck(A.D), VIP room(V.R)
Lower deck	Crew space(C.S), Guest room(G.R), Engine room(E.R), Tender boat(T.B), Platform(P)

실내공간배치 분석에 사용된 50m급 수퍼요트 13개는 Table 2와 같은 공간요소로 구분할 수 있다. 대부분 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있으며 공간요소의 위치나 존재 유무에 차이를 보이고 있다. 분석결과로 발견할 수 있는 특징은 다음과 같다.

- 하갑판: 텐더보트(Tender boat)의 위치에 따라 다른 패턴을 갖는다. 텐더보드는 주로 플랫폼(Platform) 옆에 위치하며 때로 텐더보트 대신에 승무원 공간(Crew space)이 있다.(9,10)
- 주갑판: 주로 마스터 룸(Master room)이 위치해 있지만 때로 상갑판의 VIP 룸(VIP room)과 위치가 변경된다.(11)
- 상갑판: VIP룸이 존재할 수도 있다.(1,2)
- 지붕갑판: 지붕갑판에 보트(Boat)를 두기도 한다.(1,7,8,9)

Table 2 Collection of zone classification

	Super yacht	Lower deck	Main deck	Upper deck	Sun deck
1	WESTPORT164	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L V.R L P.H	B F.B
2	Benetti LATINOU	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L V.R L P.H	F.B
3	SUNSEEKER46M	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	F.B
4	ISA 470,480,500	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	F.B
7	SENSATION	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	F.B
8	TIMMERMAN	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	F.B
9	LADY MICHELLE	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	B F.B
10	INEVITABLE	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	B F.B
11	LOHEGRIN	P C.S E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	B F.B
12	MINE GAMES	T.B C.S E.R G.R C.S	A.D S D.R G M.R F.D	A.D V.L L P.H	F.B
13	ALEXANDRA	P T.B E.R G.R C.S	A.D S D.R G V.R F.D	A.D M.R L P.H	F.B

대표적으로 WESTPORT164의 공간요소를 Fig. 33과 같이 구분하였다. 각 공간요소들의 영역은 직사각형으로 나타내되 서로간의 경계가 최대한 명확하게 구분 될 수 있도록 한다. 선수부와 선미부의 갑판영역은 공간배치에 크게 중요하지 않기 때문에 제외한다.

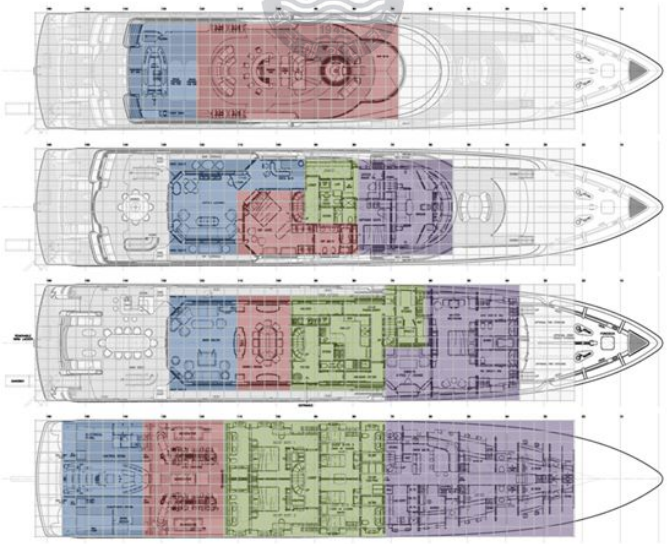

Fig. 33 Typical interior layout

5.3. 계단분석

수퍼요트에서 승객 및 승무원의 동선은 각 공간요소와 계단의 위치에 따라 결정된다. 승객의 프라이버시가 지켜져야 하며, 승객과 승무원이 불필요하게 마주칠 필요가 없기 때문에 승객과 승무원의 동선은 따로 구분되어 있는 것이 좋다. 동선은 몇 가지 패턴으로 타나나며(이한석과 변량선, 2007), 공간요소에 따라 계단의 위치를 결정할 수 있다.

일반배치도에 나타나는 계단의 위치를 분석하여 공간요소가 계단의 위치에 어떤 영향을 주는지 파악하였다. 각 계단을 쉽게 구분하기 위해 계단과 연관된 공간요소의 이름을 이용하여 계단이름을 명명한다.

5.3.1. 하갑판

(1) 승무원계단

승무원 공간으로 가기 위해 승무원들이 사용하는 계단이다. 게스트 룸 영역과 승무원 공간 영역의 크기 차이로 인해 승무원계단의 특징이 나타난다. Fig. 34는 수집된 일반배치도에 나타나는 모든 승무원계단의 위치를 표시한 것이다. 공간 영역이 클 경우 승무원 공간에만 계단이 위치하였고, 게스트 룸 영역이 크거나 승무원 공간과 크기가 같을 경우에는 주로 게스트 룸 영역에 계단이 위치한다. 게스트 룸 영역에 있는 계단은 게스트 룸에서는 사용할 수 없고 승무원 공간에서 복도로 연결되어 승무원 공간에서만 접근할 수 있다.

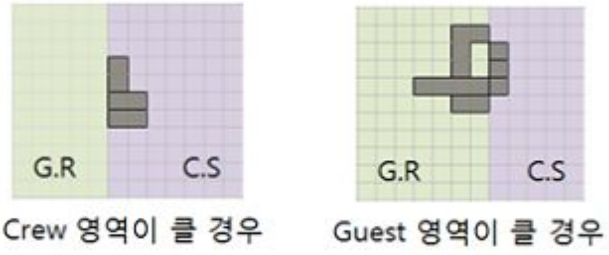

Fig. 34 Crew stairs

(2) 게스트계단(Guest stair)

게스트 룸으로 가기 위하여 사용되는 계단으로 Fig. 35와 같이 게스트 룸 영역의 중앙 주위에 주로 위치한다. 상갑판까지 이어지는 계단이다.

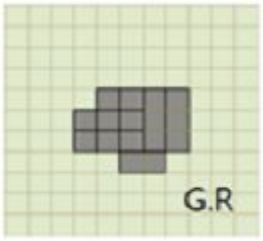

Fig. 35 Guest stairs

(3) 엔진계단(Engine stair)

엔진룸과 연결된 계단으로 Fig. 36과 같이 엔진룸 영역의 왼쪽 상부에 주로 위치한다. 대부분 엔진계단이 존재하지만 LOHEGRIN, MINE GAMES와 같이 승무원 공간과 붙여 있을 경우에는 이 계단이 존재하지 않는다.

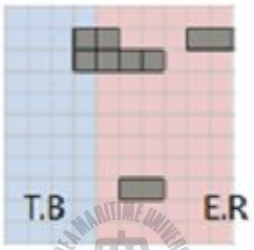

Fig. 36 Engine room stairs

(4) 플랫폼계단(Platform stair)

플랫폼과 연결된 계단으로 텐더보트 영역과의 경계에 주로 위치하며 대칭 형태로 나타난다. 텐더보트 영역과 플랫폼 영역은 연결되어 있어서 텐더보트 영역에는 따로 독립된 계단이 존재하지 않는다. 하지만 플랫폼 영역이 작을 경우 텐더보트 영역에 한쪽으로 치우쳐서 계단이 위치한다. Fig. 37의 점선으로 되어 있는 부분은 플랫폼에서 텐더보트 영역으로 내려가는 계단이며 주갑판과 연결되지 않는다.

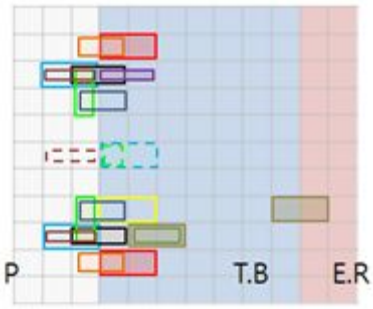

Fig. 37 Platform stairs

5.3.2. 주갑판

(1) 주방계단(Galley stair)

하갑판의 게스트계단과 승무원계단은 모두 주갑판의 주방영역으로 통한다. 주갑판에서 상갑판으로 올라가는 계단 중에 주방계단이 있는 것과 없는 것이 있다. 주방계단이 있는 경우 손님들 통로와 승무원 통로가 구분되어 상갑판으로 올라갈 때 손님과 승무원이 불필요하게 마주치지 않는다. Fig. 38의 주방과 마스터 룸 사이의 영역은 주방 영역과 마스터 룸 영역이 공존하는 공간이며, 점선으로 표시한 부분은 승무원계단을 나타낸다. Galley 계단이 없는 경우 주방영역에서 상갑판으로 올라가는 계단이 게스트계단 하나뿐이므로 손님과 승무원 모두 상갑판까지 이어진 게스트계단을 이용하거나 외부계단을 이용해야 한다.

Fig. 38 Galley stairs

(2) 외부계단(External stair)

하우스 디자인에 따라서 형태가 다르며 아래와 같은 3가지 형태가 있다.

- 지그재그 형태: 하갑판의 엔진계단으로부터 시작해서 지붕갑판까지 Fig. 39와 같이 지그재그 형태로 계단이 위치한다. WESTPORT,

SUNSEEKER, LATINOU, ALEXANDRA, ISA500, SENSATION이 이와 같은 형태이다.

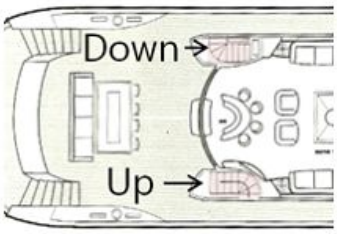

Fig. 39 External stairs: zigzag style

- 단독 형태: 주갑판에서 지붕갑판까지 한쪽으로만 치우쳐서 Fig. 40과 같이 계단이 존재하는 형태이다. INEVITABLE, LADY MICHELLE, TIMMERMAN이 이와 같은 형태이다.

Fig. 40 External stairs: independent style

- 대칭 형태: 주갑판에서 지붕갑판까지 Fig. 41처럼 양쪽으로 하나씩 대칭 형태로 있다. ISA 470, ISA 480이 이와 같은 형태이다.

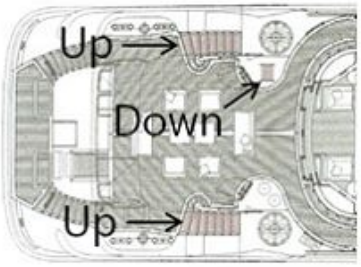

Fig. 41 External stairs: symmetric style

(3) 측면계단(Side stair)

선수갑판 쪽으로 올라 갈 수 있도록 Fig. 42처럼 양쪽에 하나씩 존재하는 계단이다. 가끔 한쪽에만 존재하는 경우도 있다.

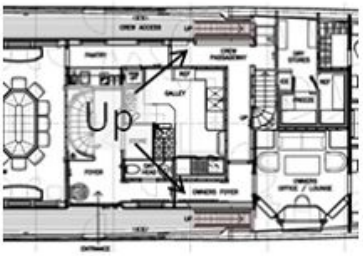

Fig. 42 Side stairs

5.3.3. 상갑판

(1) 지붕계단(Sun stair)

Fig. 43과 같이 상갑판의 선미 쪽 외부에서 지붕갑판으로 올라갈 수 있는 계단이다. 주갑판의 외부계단과 같은 특징을 갖는다.

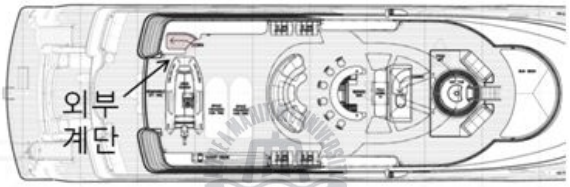

Fig. 43 Sun stair

(2) 플라이계단(Fly stair)

플라이계단은 상갑판의 내부 영역 안에서 지붕갑판으로 올라 갈 수 있는 계단이며, 플라이계단이 존재하지 않는 것과 존재하는 것이 있다.

- 플라이계단이 없는 경우 지붕갑판으로 올라가는 계단은 지붕계단 하나만 존재한다. 지붕갑판으로 갈 때, 손님과 승무원은 외부계단을 같이 사용하게 된다.
- 플라이계단 있는 경우 Fig. 44와 같이 나타나며, 손님과 승무원이 서로 독립된 동선으로 지붕갑판에 올라갈 수 있다.

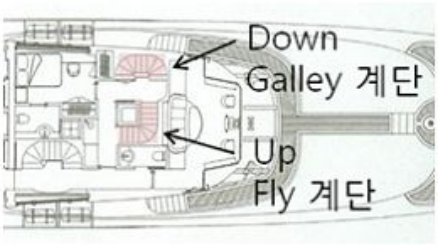

Fig. 44 Fly stair: independent crew stair

5.4. 유전 알고리즘 적용

수퍼요트의 공간요소와 계단을 배치하기 위해서는 최적화 문제를 해결할 필요가 있기 때문에 최적의 공간요소 및 계단의 배치를 위해 유전알고리즘을 사용한다. 각 갑판을 연결하는 계단의 위치와 공간요소는 긴밀한 관계를 갖고 있다. 위에서 조사한 공간요소에 따른 계단의 위치를 유전알고리즘에 적용하여 사용할 수 있다.

공간배치영역을 나타내기 위해서 각 갑판 영역을 그리드(Grid)로 구성하고 각 공간요소를 그리드에 나타낸다. 수퍼요트 일반배치도 자료에 적용해 본 결과, 가로 40칸 세로 11칸이 공간배치를 나타내기에 적합하였다. 칸수가 작을 경우에는 구역을 구분하기에 어려움이 있었고, 칸수가 보다 많을 경우에는 자세하게 나타낼 수는 있지만 복잡해지고 불필요한 데이터양이 많아졌다. 그리드는 왼쪽 아래를 원점(0,0)으로 하고 오른쪽과 위쪽을 x축, y축의 양의 방향으로 한다.

유전 알고리즘을 적용하기 위해 Fig. 33과 같이 구분된 WESTPORT164의 공간요소를 Fig. 45와 같이 보다 더 단순화 하였다. 초기 공간배치 형태를 제시하고자 할 때는 복잡한 형상보다 단순한 형상이 공간배치 형태를 일목요연하게 파악하게 하기 때문이다. 이 단계에서는 공간배치의 전체적인 구성과 각 공간요소의 위치를 지정하는데 중점을 둔다. 보다 자세한 형상은 제시된 형상을 기반으로 설계자의 역량에 따라 디자인 된다.

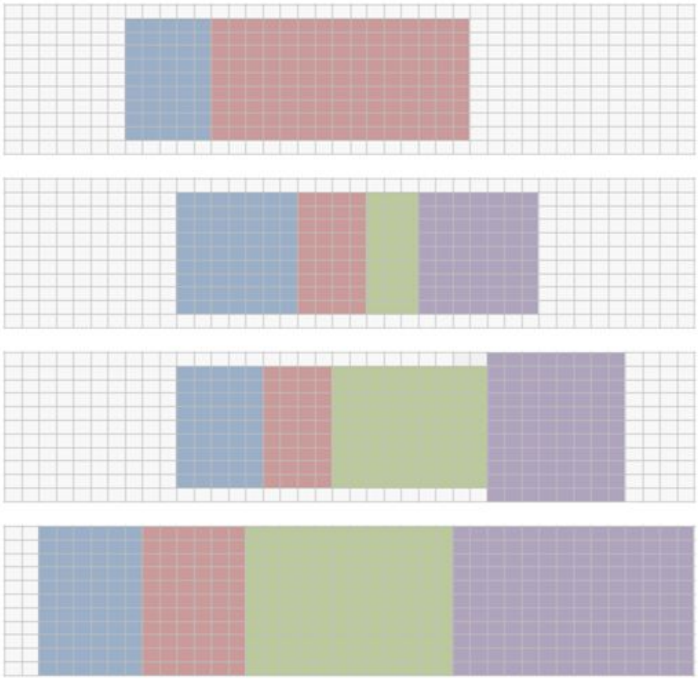

Fig. 45 Altered internal layout

염색체(Chromosome)는 위상(Topology)부분과 기하학(Geometry)부분으로 구분하여 나타내었다(Nick, 2008). 위상부분은 공간요소간의 위치관계를 나타내고, 기하학부분은 공간요소의 형상 정보와 계단의 위치 정보를 나타낸다. 위상부분은 Table 3과 같이 각 공간요소를 숫자화 하여 기호표현 염색체로 나타내며 기하학부분은 그리드의 x, y값으로 나타낸다.

Table 3 Symbolic expressions of topology

	Lower deck	Main deck	Upper deck
1	Tender boat	Salon	Lobby
2	Engine room	Dinning room	Pilot house
3	Guest room	Galley	VIP lounge
4	Crew space	Master room	Master room
5		VIP room	VIP room

선택, 교배, 돌연변이는 각각 토너먼트-교배 선택(tournament-crossover selection, 이용채와 손진곤, 2006), 일점 교차, 단순 돌연변이를 적용한다. 정지조건은 적합도 평가를 수행한 결과가 0.94 이상이 될 경우로 한다. 결과는 항상 1보다 같거나 작다.

유전 알고리즘 순서도는 주갑판을 중심으로 Fig. 46과 같이 나타낼 수 있다. 하갑판에서 정지조건을 만족하게 되면 주갑판에 대한 유전알고리즘을 수행하게 된다. 이 때, 정지조건을 만족하게 되면 상갑판에 대한 유전알고리즘을 수행하고, 5000세대가 지날 때까지 정지조건을 만족하지 않으면 하갑판의 유전알고리즘이 다시 수행된다. 하갑판부터 지붕갑판까지 모두 조건을 만족하게 되면 알고리즘이 종료된다.

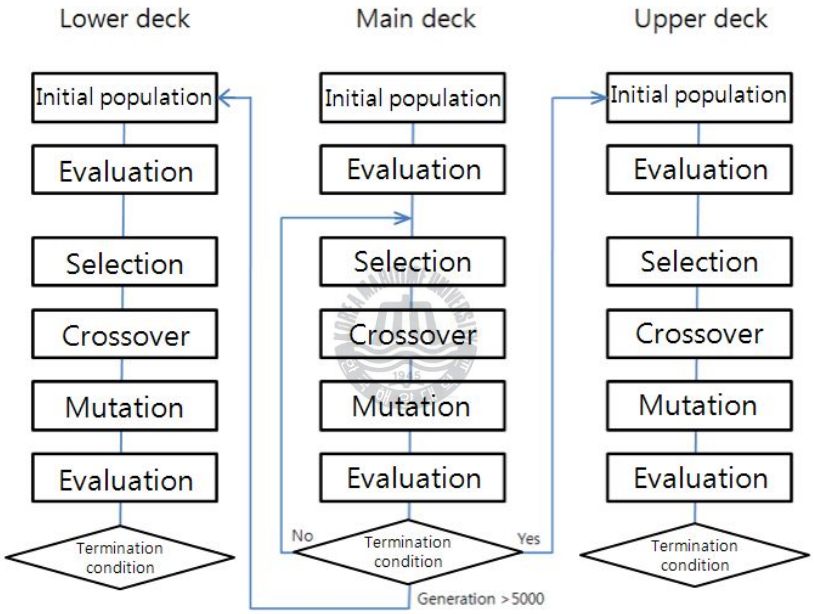

Fig. 46 Layout allocation process

● 적합도 평가 기준 선정

자연계에서 생물들은 생존경쟁을 통해 끊임없이 환경에 적응해 가며, 생존능력은 그 환경에 대한 적합도(Fitness)를 반영한다. 이러한 환경 적응 능력은 유전알고리즘에서 적합도 평가를 함으로써 결정된다. 새로운 집단이 완성될 때마다 적합도 평가가 수행되는데 이는 주로 목적함수로부터 계산된다. 본 연구에서는 다음과 같은 적합도 평가 기준을 선정하였다.

(1) 각 공간요소의 위치에 대한 평가표

전문가의 도움을 받아 수집한 자료를 바탕으로 각 갑판의 위치에 적합한 공간요소를 Table 4와 같이 점수화 하였다. 1부터 10까지의 점수를 주었으며 점수가 높을수록 그 위치에 적합하다는 것을 나타낸다. ①은 선미에 가장 가까운 부분이며 ④는 선수에 가장 가까운 부분이다. 이를 통하여 각 공간요소들의 위치가 서로에게 끼치는 영향을 알 수 있다.

Table 4 Layout preference points

		①	②	③	④
Upper deck	L	6	8	10	3
	P.H	1	3	5	10
	V.L	10	8	6	1
	M.R	8	8	6	3
	V.R	7	10	6	3
Main deck	S	10	7	7	3
	D.R	7	10	7	3
	G	3	8	10	3
	M.R	1	3	8	10
	V.R	1	3	6	8
Lower deck	T.B	10	3	8	1
	E.R	8	10	3	1
	G.R	1	8	10	6
	C.S	1	3	6	10

(2) 각 공간요소가 차지하는 공간비율(%)

모든 그리드 영역을 100%로 보았을 때, 각 공간요소가 차지하는 공간비율을 나타낸다. 각 공간요소에 대한 공간비율의 범위가 정해지면, 그리드를 차지하고 있는 공간요소 영역이 적합한지에 대한 평가가 가능하다. 공간비율에 대한 수정을 용이하게 함으로써 언제든지 원하는 공간요소 크기를 가질 수 있도록 한다. 이때, 각 구역요소의 최대 공간비율에 대한 합은 100%를 넘을 수 없다. Fig. 47에서 각 공간요소가 나타내고 있는 공간비율의 범위를 표시하였다. 주갑판과 상갑판 역시 마찬가지로 나타낼 수 있다.

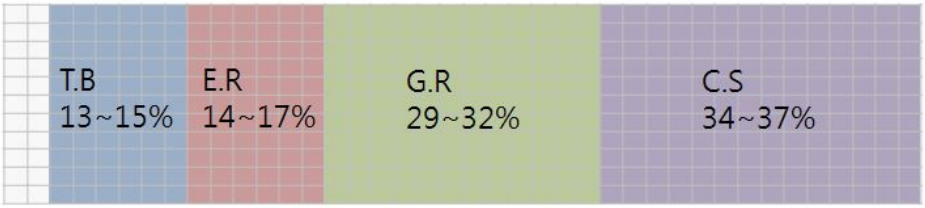

Fig. 47 Initial area arrangement for lower deck

(3) 공간요소와 각종 계단들 사이의 관계

각 계단의 역할을 정리하면 Table 5와 같고, 이를 Fig. 43과 같이 나타낼 수 있다.

Table 5 Role of stairs

승무원계단	승무원 공간과 주방을 연결하는 승무원들만 이용하는 계단이다.
게스트계단	게스트 룸과 주방 또는 살롱(Salon)을 연결하는 손님들만 이용하는 계단이다.
엔진계단	주갑판에서 엔진룸으로 내려가기 위한 계단이다.
플랫폼계단	주갑판에서 플랫폼과 텐더보트로 내려가기 위한 계단이다.
주방계단	주방과 조타실 또는 라운지(Lounge)를 연결하는 승무원들만 이용하는 계단이다.
외부계단	주갑판과 상갑판을 연결하는 계단으로 후미갑판(Aft deck)에 주로 위치한다.
지붕계단	상갑판과 지붕갑판을 연결하는 계단으로 후미갑판에 주로 위치한다.
플라이계단	플라이브리지(Fly bridge)와 조타실, 라운지 또는 VIP 라운지를 연결하는 계단이다.

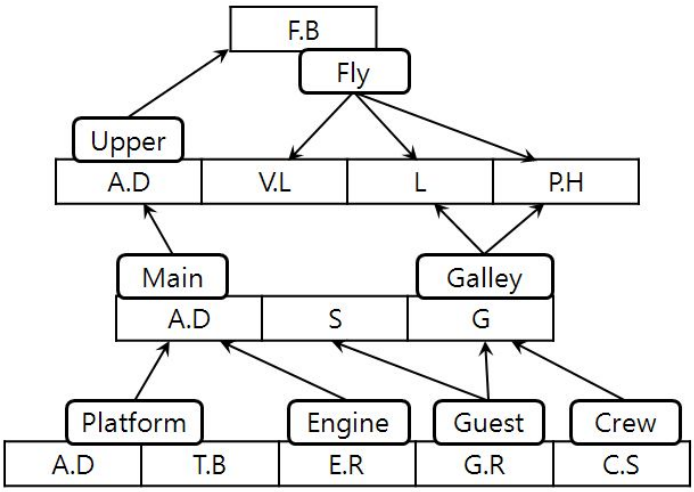

Fig. 48 Stair connectivity diagram

5.5. GUI를 활용한 공간배치 시스템 개발

5.5.1. GUI 구성

Visual studio .net 2005 환경에서 MFC를 이용하여 수퍼요트 공간배치 시스템을 개발하였다. Fig. 49와 같은 GUI를 구성하였으며 공간배치를 그리드 형태로 나타내는 부분은 MFC에서 제공하는 GDI(Graphics Device Interface)를 활용하였다. GDI는 지정된 출력장치로의 출력을 위한 인터페이스 규칙 및 자료구조 등을 의미한다. GDI 함수(김용성, 2002; 박광우 등, 2006; 이재원, 2005)를 이용하면 다양한 형태의 직선, 점, 도형, 문자 등을 출력할 수 있고 각 출력대상에 대하여 선의 형태나 색 등의 부가적인 속성을 지정할 수 있기 때문에 공간배치를 표현하기에 적당하였다.

한 세대가 생성되고 나면 가장 우수한 염색체를 GUI상에 나타내도록 하여 최적의 해를 찾아가는 과정을 알 수 있다. 하갑판부터 유전알고리즘이 수행되고 지붕갑판까지 최적의 해를 찾게 되면 시스템은 종료한다. Fig. 49에서 오른쪽에 나타나고 있는 세대 수를 통해 현재 몇 번째 세대를 나타내고 있는지 알 수 있다. 이 수치는 각 갑판에 대한 알고리즘 종료조건이 만족하게 되면 초기화된다.

5.5.2. 입력체계

모든 공간요소가 차지하는 공간비율의 범위를 사용자가 입력할 수 있도록 Fig. 49의 Area(%)라는 입력창을 만들었다. 사용자가 원하는 공간요소의 크기를 입력하고 시스템을 실행하면 입력 값들이 적합도 평가에 사용된다. 공간요소들 간의 위치 평가표와 공간요소에 대한 계단의 특징들은 시스템 내부에서 적합도 평가에 사용되도록 하였다.

본 연구에서 선정한 세 가지 적합도 평가 기준을 적용하면 50m급이 아니더라도 응용이 가능하다. 공간비율의 범위와 구역요소 위치 평가표, 공간요소와 계단의 관계를 수정 가능하게 함으로써 적합도 평가 기준을 바꿀 수 있다. 수퍼요트의 크기, 용도에 맞춰 평가 기준을 수정하면 사용자가 원하는 공간배치를 얻게 된다.

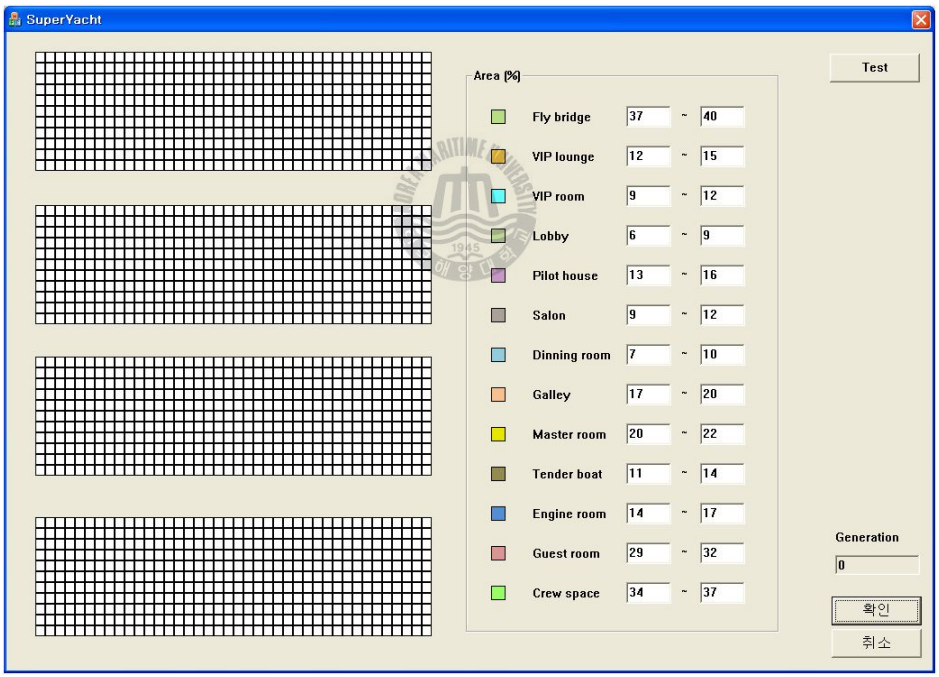

Fig. 49 Initial dialog of automatic layout system

5.5.3. 결과

최적화 기법의 특성상 반드시 하나의 솔루션만 나오는 것이 아니기 때문에

Fig. 50, Fig. 51에서 나타나는 것처럼 같은 조건에서도 다른 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그렇게 때문에 사용자가 원하는 조건과 맞으면서도 다양한 디자인을 제시하는 것이 가능하다.

유전알고리즘을 수행하여 모든 갑판의 최적 해를 찾게 되면 Fig. 50과 같이 공간배치 형태가 나타난다. 각 공각요소는 이를 대표하는 색을 통해 구분할 수 있으며 검은색으로 나타나는 부분은 계단을 나타낸다. 계단은 연결되는 아래, 위 갑판 모두 표시하였다.

하갑판의 게스트 룸 영역에 위치한 게스트계단은 중갑판, 상갑판까지 연속적으로 이어져 나타남을 알 수 있다. 승무원영역이 게스트영역보다 크기 때문에 승무원 계단은 승무원영역에 위치하고 있으며, 플라이계단과 주방계단이 존재하고 있는 형태이다. 주갑판에서 외부계단은 지그재그 형태로 나타나고 있다. 하갑판의 엔진계단이 주갑판으로 이어져 있고, 상갑판으로 가기 위해서는 엔진계단 아래쪽의 상갑판으로 이어진 외부계단을 이용한다. 다시 상갑판에서 지붕갑판으로 가기 위해서는 지붕계단을 이용한다.

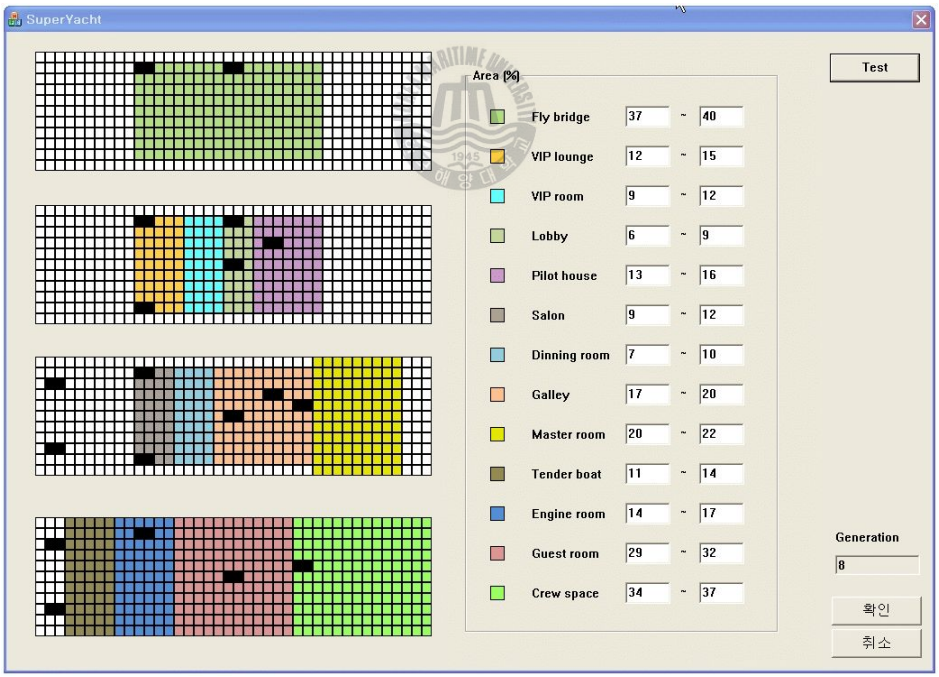

Fig. 50 Layout solution 1

Fig. 51의 경우 하갑판과 상갑판의 공간요소 위치가 Fig. 50과 다르다. 종료

조건을 만족하는 범위에서 공간요소들 간의 위치 평가치를 통해 다양한 형태로 공간요소가 배치된다. 주갑판의 외부계단은 단독 형태로 나타나고 있다. 하갑판의 엔진계단에서부터 지붕갑판의 지붕계단까지 한쪽 방향으로만 계단이 연결되어 나타나고 있다. Fig. 50과 마찬가지로 플라이계단과 주방계단이 존재하고 있는 형태이다.

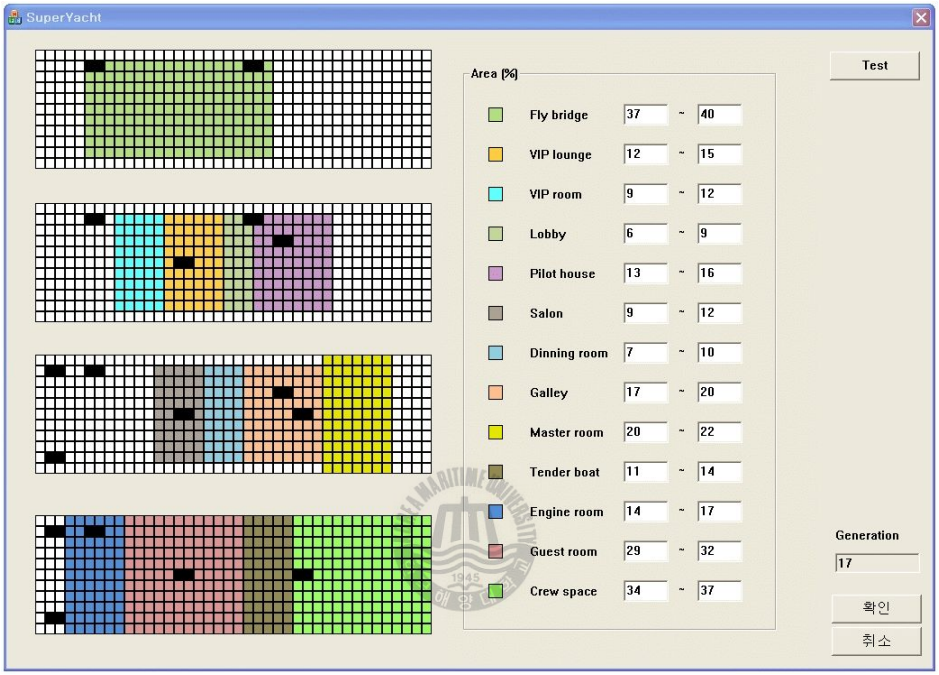

Fig. 51 Layout solution 2

제 6 장 결 론

6.1. 연구 결과

수퍼요트의 초기모델 선정에 대한 기본 방향을 제시하였고, 개념설계를 위한 기반연구로 수퍼요트의 선형설계와 실내공간배치에 대한 연구를 수행하였다.

첫째, 수퍼요트 프로파일의 형상을 기능적, 미학적 요소에 의하여 각 구역요소로 구분하였다. 구분된 각 구역요소를 NURBS를 이용하여 모델링 하였으며, 파라메트릭 기법을 적용하여 사용자 중심의 프로파일 설계가 가능한 시스템을 개발하였다. 프로파일 형상에 주요한 특성 곡선들을 추가하여 3차원 선형 모델링을 수행하였다. 본 연구를 통해 수퍼요트 프로파일을 결정하기 위한 손쉬운 형상설계 도구를 제공할 수 있었으며 선형 모델링 수행을 위한 기본적인 틀을 마련할 수 있었다.

둘째로 수퍼요트 실내공간배치를 분석하여 공간 구성요소의 특징을 파악하였으며, 공간배치요소와 계단위치 사이의 관계를 조사하였다. 이를 유전알고리즘에 적용하여 초기 공간배치 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘을 수행하여 얻은 결과는 수퍼요트 공간 구성요소들과 계단들을 개략적으로 나타내고 있었으며, 같은 입력 값에서도 다양한 결과를 얻을 수 있었다. 50m급 수퍼요트를 대상으로 개발된 알고리즘이지만 이를 이용하여 수퍼요트의 크기나 용도에 상관없이 다양한 적용이 가능할 수 있다.

6.2. 기여도

전문 설계자 중심의 수퍼요트 디자인에서 벗어나 비전문가들도 수퍼요트 디자인에 접근할 수 있도록 기본적인 시스템을 제공하였다. 수퍼요트 설계가 지니고 있는 특성들을 분석하고, 시스템에 적용하여 사용자 지향적인 프로그램을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 수퍼요트 프로파일 설계 프로그램과 선형 모델링 시스템을 활용하면 선형이 전체적인 수퍼요트 스타일과 어우러지도록 설계가 가능하며, 모선이 없이 선형 모델링을 수행할 수 있다. 또한 초기 실내공간배치 시스템을 활용하여 실내공간배치를 위한 기본 틀을 마련할 수 있다. 수

퍼요트에 대한 연구가 많이 부족한 상황에서 수퍼요트 초기 설계에 대한 접근 방법을 제시하여 추후 진행될 수퍼요트 연구에 기여하고자 한다.

6.3. 향후 과제

추후, CAD 프로그램을 활용하여 선형을 모델링 하는 것이 아니라 자체 프로그램을 개발하여 선형 모델링을 수행할 필요가 있다. 수퍼요트 선형 설계 시에 데이터베이스와 연동하여 다양하고 복잡한 형상을 표현할 수 있는 시스템 연구가 요구된다. 또한 초기 실내공간배치 알고리즘을 개선하여 더 복잡하고 다양한 공간을 타나낼 수 있도록 할 필요가 있다. 나아가 스테레오스코픽 기술과 응용하여 사용자가 입체 화면에서 실내공간배치 구조를 쉽고 편리하고 신속하게 수정할 수 있도록 확장될 수 있을 것이다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY
1945
한국해양대학교

참 고 문 헌

- 김용성. ≪VISUAL C++ 6 완벽 가이드≫, 영진출판사(2002)

- 김진근. ≪세계 해양산업 전망과 수퍼요트 시장의 성장≫, 경남발전연구원 남해안발전연구지원센터, 남해안시대 리뷰 Vol.3 pp.36-45(2008)

- 남종호. 「파라메트릭 기법을 이용한 고속 단동선의 NURBS 모델링」, 한국해양공학회지 제20권 제2호 pp.82-87(2006)

- 남종호, 현범수, 김태윤, 김대현. 「수퍼요트의 초기 선형 선정을 위한 유체성능해석 및 모델링기법」, 대한조선학회지 제44권 제4호 pp.451-458(2007)

- 문병로. ≪쉽게 배우는 유전 알고리즘 진화적 접근법≫, 한빛미디어(2008)

- 박광우, 강우경, 진용철. ≪Visual C++.Net Programming Bible≫, 삼양미디어(2006)

- 백인기. ≪세계의 슈퍼요트산업 동향≫, 해양수산개발원, 해양수산동향 Vol.1260(2008)

- 이용채, 손진곤. 「유전자 알고리즘에서 수렴속도 향상을 위한 새로운 토너먼트 선택 기법」, 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol.33 No.1(B) pp.139-141(2006)

- 이재원. ≪Visual C++.NET 실전 프로그래밍≫, 가메출판사(2005)

- 이한석, 변량선. 「수퍼요트의 공간배치와 실내공간구획에 관한 연구」, 한국실내디자인학회논문집 제6권 2호 pp.224-231(2007)

- 이한석, 변량선, 정원조. 「수퍼요트 외관디자인특성에 관한 연구」, 한국생

태환경건축학회 학술발표대회 논문집 제6권 제2호 pp.185-190(2006)

- Genoa International Boat Show. http://www.genoaboatshow.com(2008)

- Michalewicz Z. ≪Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs≫, Springer(1999)

- Nick E. 「Fuzzy Optimal Allocation and Arrangement of Spaces in Naval Surface Ship Design」, Doctor's thesis, University of Michigan (2008)

- OpenCASCADE. ≪Open CASCADE: Object Libraries≫, OpenCASCADE S.A.S(2006)

- Piegl L, Tiller W. ≪The NURBS Book≫, Springer-Verlag(1997)

- Rhino3. ≪Rhinoceros: NURBS modeling for Window≫, Robert McNeel & Associates(2003)

- Rogers D.F. ≪An Introduction to NURBS: With Historical Perspective ≫, Morgan Kaufmann Publishers(2001)

- Sunseeker. http://www.sunseeker.com (2008)

- Westport. http://www.westportyachts.com/yacht/westport130 (2006)