

Motif를 이용한 선박개념설계 시스템용 그래픽 사용자 인터페이스의 개발



●1954년생
●컴퓨터 그래픽을 이용한 유동의 가시화를 전공하였으며, 선박 초기 설계의 전산화, 설계가시화, 설계 방법론에 관심을 가지고 있다.

한 순 홍



●1959년생
●최적화기법을 이용한 선박개념설계를 전공하였으며, 선박설계전산화 설계전문가 시스템, 설계지원시스템에 관심을 가지고 있다.

이 동 곤



●1964년생
●선박중앙단면 최적설계를 위한 전문가 시스템을 전공하였으며, 전문가시스템, GUI에 관심을 가지고 있다.

이 경 호

1. 머리 말

선박이라는 복잡한 대형구조물을 설계하는 과정은 전통적으로 여러 단계로 나누어지며, 그 앞 부분을 개념설계라고 한다. 선박의 설계 과정에 대한 이해를 돕기 위하여 선박의 설계 과정을 유사한 다른 설계작업과 비교하여 보면, 건축물이나 항공기 그리고 자동차의 설계와 비교해 볼 수 있을 것이다. 선박의 설계를 건축물의 설계와 비교하면, 골조라든가 배관 그리고 전기 공사와 같은 각 기능부문간의 상호의존 관계가 선박의 경우에 더욱 복잡하다. 즉, 한 가지 기능부문에 설계변경이 발생하면, 그 영향이 선박 전체에 파급되며, 그 정도가 크다.

이와 같이 기능부문간에 의존도가 높은 것은 시스템을 분류할 때 닫힌 시스템(closed system)인가 아니면 열린 시스템(open system)인가를 구분하는 것으로 설명이 된다. 선박과 같은 수송기계는 건축물에 비해서 그 닫힌 정도가 높기 때문에 그 시스템이 대부분의 문제를 자체적으로 해결해야 한다. 예를 들어 건축물에는 상하수도와 전원, 그리고 통신회선이 외부로부터 제공되고, 그 밖에 석유나 음식물 등은 수시로 보충될 수 있는 시스템이다. 선박은 필요한 전력을 자체 공급하여야 하며, 석유나

물 그리고 음식물을 한 달 이상씩 보충 받을 수 없는 시스템이며, 건축물과는 달리 이동하는 시스템이다. 선박은 이와 같이 수송기계에 속하는 것이지만, 한편으로는 대형 구조물이라는 점에서 건축물과 비슷한 부분을 갖고 있다.

선박에 있어서 각 기능부문간의 상호의존 관계가 큰 것은 항공기나 자동차의 설계와 유사하다. 그것은 각 부문간에 균형을 맞추어야 하고, 서로 상충되는 부문간에는 적절한 타결점을 찾아야 한다는 것이다. 예를 들어 항공기에 있어서 중량에 대한 의존관계를 살펴본다. 동체와 날개를 연결하는 구조물 부재가 취약하여 그 부재치수를 증가시키면, 중량이 늘어나겠다. 이 중량의 증가를 지탱하기 위하여 양력(lift force)을 증가시키려면 더 큰 날개를 필요로 하며, 이것은 다시 중량을 증가시킬 뿐만 아니라, 동체와의 연결부분을 강화시켜야 할 필요성을 증대시킨다. 또한, 이 중량의 증가는 요구되는 비행속력을 유지하기 위해 부착된 엔진의 출력을 증가시킬 필요성을 발생시키며, 이 엔진 출력의 증가는 중량증가의 또 다른 원인이 된다. 이러한 중량에 대한 민감도는 항공기가 가장 높으며, 그 다음으로는 선박 그리고 자동차의 순서로 그 민감도가 낮아진다.

그러나 선박은 항공기나 자동차에 비하여, 시제품 제작이 없다는 것이 큰 차이점이다. 항공기나 자동차의 경우에는 시제품이 제작되고,

이것을 바탕으로 많은 시험이 수행된 후에 대량생산을 하게 된다. 선박의 경우는 이러한 시제품 제작이 여러 가지 이유로 불가능하기 때문에, 설계단계에서 적절한 모델을 이용하여 시뮬레이션을 가능한 한 많이 수행하여야 한다. 여기에 전산화가 많은 기여를 할 수 있다.⁽⁴⁾ 토목이나 건축물도 시제품 제작이 없다는 점에서 선박의 설계와 같은 어려움을 갖고 있다.

이렇게 기능부문간에 상호의존 관계가 복잡하기 때문에, 설계과정에서 반복작업(iteration)이 필수적이며, 이러한 반복작업을 잘 나타내주는 것이 디자인 스파이럴(design spiral)이다.⁽¹⁾ 그림 1은 선박 설계에서 이용하는 디자인 스파이럴을 보여준다. 이 디자인 스파이럴이 내포하는 의미를 몇 가지 나열해 보면, 여러 개의 상호 관련이 깊은 분야가 존재함을 보여주고, 반복(iteration)에 의해서 설계가 진행됨을 보여준다. 이것은 한 가지 분야의 변경이 전체 시스템에 영향을 미치기 때문에, 끝이 없어 보이는 반복 작업을 하여야 한다는 것이며, 이 반복 작업을 통하여 각 분야가 점점 최종 설계안에 근접해 가는 것을 보여준다. 설계자는 시간적인 여유나, 船主(owner)나 船級협회 등이 준수를 요구하는 사항의 요구 정도에 따라 알맞는 선에서 그 반복 작업을 중지하게 된다. 따라서 디자인 스파이럴은 보통 안으로 돌아 들어가는 방향으로 그리고 있다. 그것은 설계대안(design alternatives)들로 구성된 설계공간(design space)에서 최종 설계안을 찾아가는 과정을 보이는 것이기도 하다.

선박의 개념설계 과정은 설계자의 개념을 전개하는 과정이고, 선박의 윤곽을 결정하는 중요한 과정이기 때문에 설계자의 창조력이 요구되므로, 이 과정에서 설계자를 도울 수 있는 시스템이 필요하다. 이러한 설계과정에서 설계자를 도울 수 있는 방법은 인공지능의 이용 등 여러 가지가 있겠으나, 여기서는 설계작업을 가시화하여 설계작업을 지원하고자 시도하였다. 이 글에서는 여러 가지 사용환경에도 이식

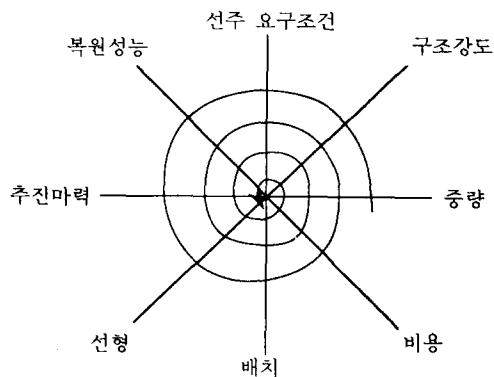


그림 1 설계 Spiral

이 가능한 motif를 이용하여 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하고, 그것을 전통적인 선박의 개념설계 과정의 전산화에 적용한 내용을 소개한다. 그래픽 사용자 인터페이스가 접합되므로 사용자 전산화된 설계의 과정을 수행하기에 용이할 것이며, 한편으로는 표준화됐다고 할 수 있는 X-Window와 motif 등을 이용함으로써 개발된 프로그램의 높은 이식성을 확보할 수 있다.

2. 선박 개념설계 과정의 가시화

선박의 초기 윤곽을 결정하는 개념설계 과정은 상호 영향을 주는 여러 가지 인자들을 동시에 고려해야 하는 어려움과 함께, 그 결정을 뒷받침할 근거자료가 아직 마련되어 있지 않다는 어려움이 같이 존재한다. 즉, 설계라는 결정을 내리기 위해서는 여러 가지 설계안에 대한 평가결과가 필요하며, 그 평가결과를 얻기 위해서는 시험이 될 대상이 먼저 마련되어 있어야 한다.

이러한 이유로 개념설계의 과정은 전통적으로 숙련된 기술자의 경험과 노-하우에 의존하여 왔다. 즉, 실적선 자료의 정리 정돈과 그 자료의 적절한 이용이 중요한 요소이었다. 근래에 컴퓨터 분야의 빠른 발전에 힘입어, 이 설계과정을 전산화하려는 시도가 계속되고 있으나, 이 과정은 근본적으로 자동화하기 어려

운 부분이며, 최대한 설계자의 판단과정을 도와주는 도구들이 컴퓨터를 이용하여 개발되고 있다. 여기서 자동화와 전산화는 서로 다른 뜻으로 사용되었는데, 자동화란 사람의 도움을 필요로 하지 않는 것을 말하고, 전산화는 수작업을 그대로 컴퓨터로 대치한 것으로, 여전히 설계자를 필요로 한다.

컴퓨터를 이용하여 설계자를 지원하는 데는 두 가지 다른 전략이 있다. 그 한 가지는 컴퓨터를 지능화시켜서 사람의 기능을 컴퓨터로 대체해 나가는 것으로, 인간의 작업환경을 가능한 한 재현해 내는데 중점을 둔다. 이 종류에 속하는 것이 사용자 인터페이스 개선이나 가시화 분야 등이다.

이 글에서는 설계작업의 가시화를 통해서 사용자 인터페이스를 개선하는데 그 목표를 두었다. 설계 작업의 가시화는 크게 두 가지로 나눌 수 있겠는데, 첫째는 설계 대상의 가시화이고, 둘째는 설계 과정 자체의 가시화이다. 설계 대상인 선박이라는 물체를 가시화하기 위하여 도면이라는 수단이 오래 동안 사용되어 왔으며, 이 도면작업을 전산화하는 것이 많은 CAD/CAM 시스템들의 역할이었다. 이 과정에서 컴퓨터 그래픽의 역할이 크며, 도면작업의 전산화와 설계대상의 가시화를 위해서는 3차원 그래픽이 중요한 역할을 한다.^(14,15)

설계과정 자체와 설계자의 개념전개 과정의 가시화를 위해서는 3차원 그래픽도 중요하지만, 사용자 인터페이스가 더욱 중요하다. 여기에 소프트웨어 시스템 개발에 이용되는 여러 가지 기법들이 이용될 수 있을 것이며, 특히 CASE(computer aided software engineering) 도구들이 적용될 수 있겠다. 이 글에서는 사용자 인터페이스의 개발을 위해 motif와 x-window에서 제공하는 2차원 그래픽 기능들을 이용하였다.

그림 2는 해사기술연구소가 주관하고 있는 "선박 설계 및 생산 자동화 국책연구사업"(이하 CSDP라 부른다)의 일환으로 개발중인 '선박 개념설계 전산 시스템'의 설계과정을 보여

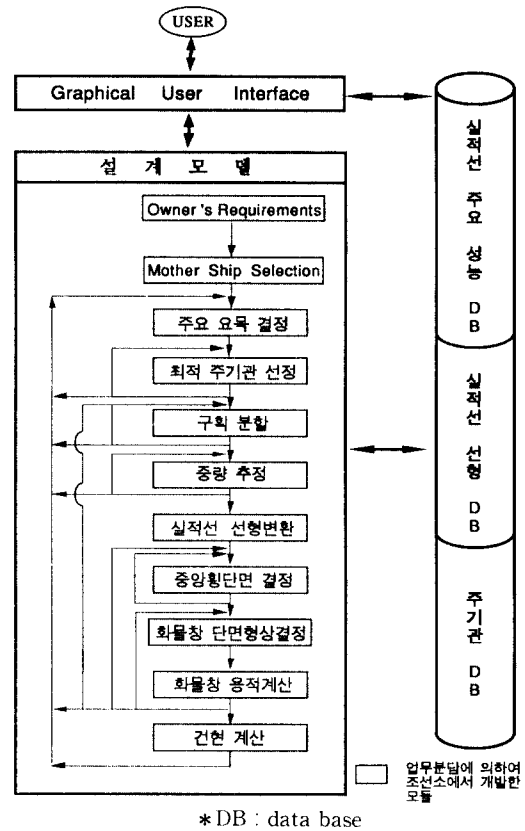


그림 2 선박 개념설계용 전산시스템의 개요

준다.^(9,19) 이 과정에서 반복작업이 강조되고 있으며, 각 기능설계 부분은 모듈 단위로 되어 있다. 각 모듈들은 설계과정에서 나타나는 문자 정보뿐만이 아니라, 가능한 많은 그래픽 정보를 설계자에게 제공하여 설계자의 인식 능력을 향상시키도록 되어 있다.

데이터베이스에는 이미 건조된 선박에 대한 자료들과 구입할 수 있는 엔진의 주요 사양이 들어 있어서, 설계하는 과정에 필요한 정보들을 제공해 준다. 현재 DBMS 도구로는 oracle이라는 관계형 데이터베이스 관리 시스템이 사용되고 있다.

3. 표준화된 GUI의 개발을 위한 Motif

근래에 엔지니어링 워크스테이션(이하 EWS

라 부른다)이 각광을 받고 있는 큰 이유중에 하나는 그래픽 기능이 좋다는 것이고, 그 중에서도 윈도우 시스템이 큰 역할을 한다. 이 윈도우 시스템 중에서 미국의 MIT를 중심으로 개발된 x-window 시스템이 현재 널리 쓰이고 있다.⁽⁸⁾

EWS 환경하에서 사용자 인터페이스를 개선하기 위해서 그래픽 사용자 인터페이스(GUI; graphic user interface)를 도입하고 있으며, 그것은 Apple사의 맥킨토시 컴퓨터나 Microsoft사의 window 환경이 좋은 예이다. WYSIWYG(what you see is what you get)으로 대표되는 GUI는 사용자의 부담을 줄여준다. 그것은 컴퓨터의 전통적인 사용자 인터페이스였던 명령어(command)와 같은 언어 모델(linguistic model)로부터, pull-down 메뉴나 아이콘 등을 이용하는 공간 모델(spatial model)로 변환하는 것이다.⁽⁹⁾ 이 분야는 UIMS(user interface management system)이나, visual programming language, 또 human computer interface 분야 등에서 많이 연구되고 있다. (2.5.6.10.11)

도형정보는 인간이 언어라는 통신수단을 만들기 이전부터 사용되던 것으로, 번역이라는 중간단계를 거치지 않고 직접 인식이 가능하다. 예를 들어 컴퓨터용 언어를 사용하여 컴퓨터로 하여금 사용자가 원하는 작업을 수행하도록 하기 위하여는, 사용자는 그 컴퓨터용 언어

를 새로 배워서 유창하게 구사할 수 있어야 한다. 이렇게 습득해야 하는 언어의 개수가 증가하면, 사용자의 부담은 커지게 된다. 도형정보는 이러한 어려움을 대부분 배제할 수 있다. 물론 문자를 꼭 필요로 하는 경우도 상당히 있기 때문에 이 두 가지 기능이 적절히 조화되어야 할 것이다.

X-window를 바탕으로 하여 Apple사의 맥킨토시와 같은 그래픽 사용자 인터페이스를 구축할 수 있도록 자주 쓰이는 부품들을 객체지향의 개념으로 만들어 놓은 것이 toolkit들이다. 현재 나와 있는 여러 가지 toolkit들 중에서 가장 많이 쓰이고 있는 것이 미국의 OSF(open software foundation)에서 만든 motif이며, 이것을 이용하여 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하였다.

버튼, 윈도우, 스크롤 바, pull-down 메뉴, icon 등 자주 쓰이는 그래픽 부품들의 클래스를 이용하여, 프로그래머는 쉽게 GUI를 개발할 수 있다. 이러한 클래스들을 widget set이라고 하며, 이것은 X 라이브러리를 기반으로 하여 형성한 그래픽 객체(object)로 이해할 수 있다. 이러한 부품들을 적절히 조합하면 요구되는 사용자 인터페이스를 쉽게 구축할 수 있다. 그림 3은 전형적인 motif 인터페이스의 배치를 보여준다. 즉, 버튼, 윈도우, 스크롤 바, pull-down 메뉴, icon 등 자주 쓰이는 부품들의 모양을 보여주고 있다.

이러한 사용자 인터페이스를 개발하는 데 사용할 수 있는 toolkit이나 widget set는 여러 가지 있으나, motif를 최종적으로 결정하는데는 그래픽 표준의 역할을 고려하였다. 현재 CSDP 사업을 통하여 개발되고 있는 선박 개념설계 시스템은 완성되는 대로 국내의 여러

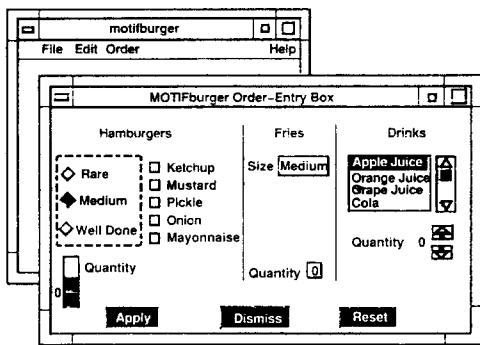


그림 3 Motif에서 제공되는 그래픽 객체들

주) toolkit : 그래픽 사용자 인터페이스에서 자주 쓰이는 그래픽 부품들을 라이브러리 형태로 미리 만들어 놓은 것들을 총칭해서 말하며, widget set이라고 부르기도 한다. motif도 toolkit의 한 종류이며 motif 외에도 athena, open look 등의 toolkit들이 있다.

조선소에 이전될 것이다. 그러나 각 조선소의 전산 시스템들은 그 하드웨어나 소프트웨어 환경이 많은 차이를 보인다. 이러한 이질적인 환경에 쉽게 이식될 수 있는 소프트웨어를 개발하기 위하여는 표준화된 시스템 소프트웨어를 사용하여야 한다.

그래픽 표준에는 공인된 표준(ISO, ANSI 등), 산업계표준(industrial standard), 실질적인 표준(de facto standard) 등이 있는데, motif는 산업계표준이라고 할 수 있다.⁽¹³⁾ GUI용 tool kit들은 아직까지 공인된 표준을 갖고 있지 못하며, 그 바탕을 이루는 x-window 시스템도 실질적인 표준으로 분류되고 있다.

이러한 GUI를 개발하는데 있어서, PC 환경에서는 Microsoft사의 window 환경이 현재로는 가장 많이 쓰이고 있으며, CSDP사업의 환경으로 추진되고 있는 UNIX를 이용하는 EWS 환경에서는 AT&T와 SUN이 함께 개발하는 open look도 있으나, motif가 더 많이 쓰이고 있다.⁽¹⁶⁾

4. 선박 개념설계 시스템용 그래픽 사용자 인터페이스

선박 개념설계 시스템용 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하기 위해서는 두 가지 분야, 즉, 선박설계 방법론의 부분과 x-window와 motif를 바탕으로 한 그래픽 사용자 인터페이스의 결합을 요구한다. 우선 선박 설계의 과정을 통제하기 위하여, motif에서 제공하는 그래픽 메뉴들을 이용하며, 그 메뉴들은 분야에 따라 분류되고, 단계에 따라 상세화되어서, 메뉴트리 형성을 할 것이다. 이것을 위해 메뉴 hierarchy의 설계가 우선 되어져야 할 것이다.

설계되어지는 선박이라는 물체를 가시화하기 위하여, 간단한 2차원 그래픽 기능이 이용되며, 그것은 현재의 x-window가 제공하는 기능으로 충분하다. 가시화되어져야 하는 선박의 세부부분이 여러 가지이고, 그 외에 설계 과정이라든지 메뉴트리내의 현재 위치 등을 가시화

하기 위하여, 여러 개의 윈도우가 동시에 이용되며, 가능하다면 여러 개의 x-terminal이 동시에 사용될 수 있도록 한다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 전통적인 선박의 개념설계 과정은 GUI 개념이 도입되기 이전에 이미 어느 정도 정리되어 있었기 때문에, GUI 부분과는 분리되어 '설계 모델'이라는 덩어리로 구분되어 진다. 이 안에 여러 가지 조선공학적인 계산과 판단을 하는 모듈들이 포함되어 있다. 이 각각의 모듈들도 서로 간에 상당한 독자성을 유지하고 있다. 그것은 짙은 색깔로 표시된 바와 같이 개개의 모듈들이 각기 다른 연구조직에 의해서 개발된 것으로부터 그 정도를 짐작할 수 있다.

GUI는 개개의 모듈 간의 입력과 출력을 가시화하며, 또한 설계과정 전반에 관련된 정보도 가시화하는 역할을 수행한다. 그리고 입력에 관해서는, 설계의 많은 부분이 그러하듯이 선택이나 결정을 요구하는 부분이 많이 있으므로, 이러한 경우에 그래픽 메뉴와 마우스가 역할을 할 수 있으며, 키보드 입력을 하는 경우보다 설계자의 생산성을 향상시킬 수 있다.

이 과정에서 사용자 인터페이스 부분과 선박설계에 필요한 공학계산 모듈들은 가능한 독자성을 유지하도록 분리하였다. 이러한 사용자 인터페이스와 조선공학 계산 부분의 분리는 프로그램의 개발과 유지에 효과적일 뿐만 아니라, 다른 GUI 개발에 현재의 시스템을 이용하기 위해서 유익한 방법이다.

그림 4와 그림 5는 선박의 개념설계를 위한 사용자 인터페이스의 일부를 보여준다. 이 그림들에서 볼 수 있는 것은, 도형정보를 이용하여 각 설계 모듈들의 입력과 출력을 가시화했다는 점이다. 이같은 기능은 설계 과정을 통하여 설계자가 행해야 하는 수 많은 선택과 판단, 그리고 결정을 위해 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

그림 4는 선체 중앙부의 단면을 보여준다. 이 선박은 철광석이나 곡물 등을 운반하는 데 사용되는 것으로 벌크캐리(bulk carrier)라고

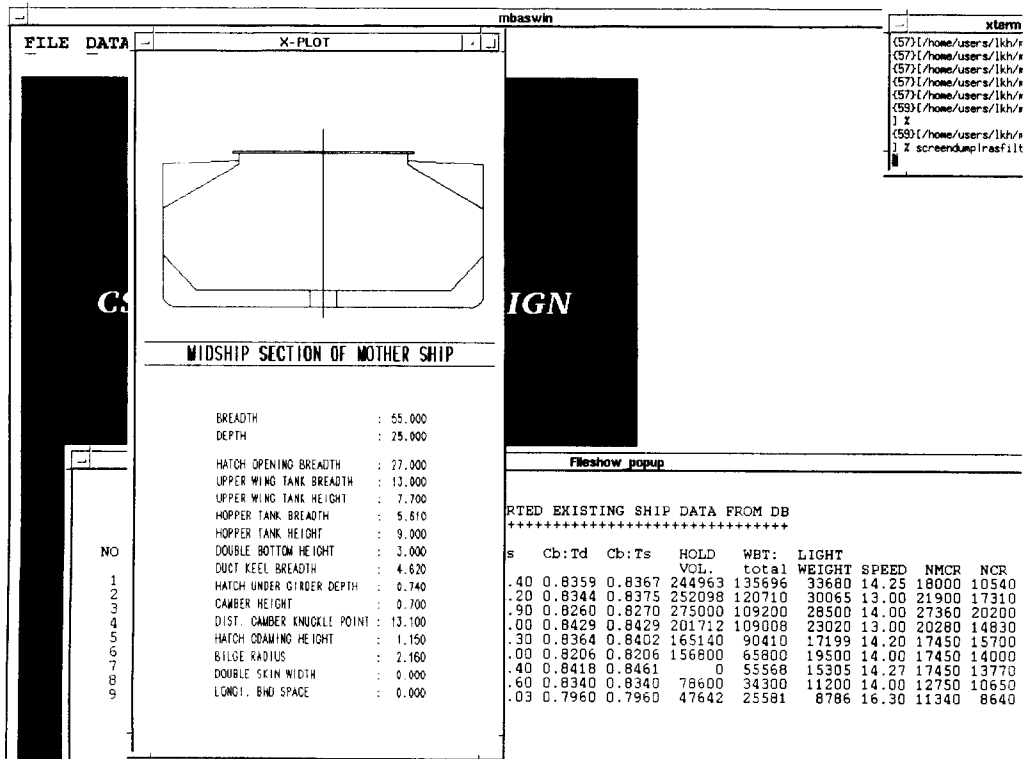


그림 4 Bulk Carrier의 중앙단면 형상설계

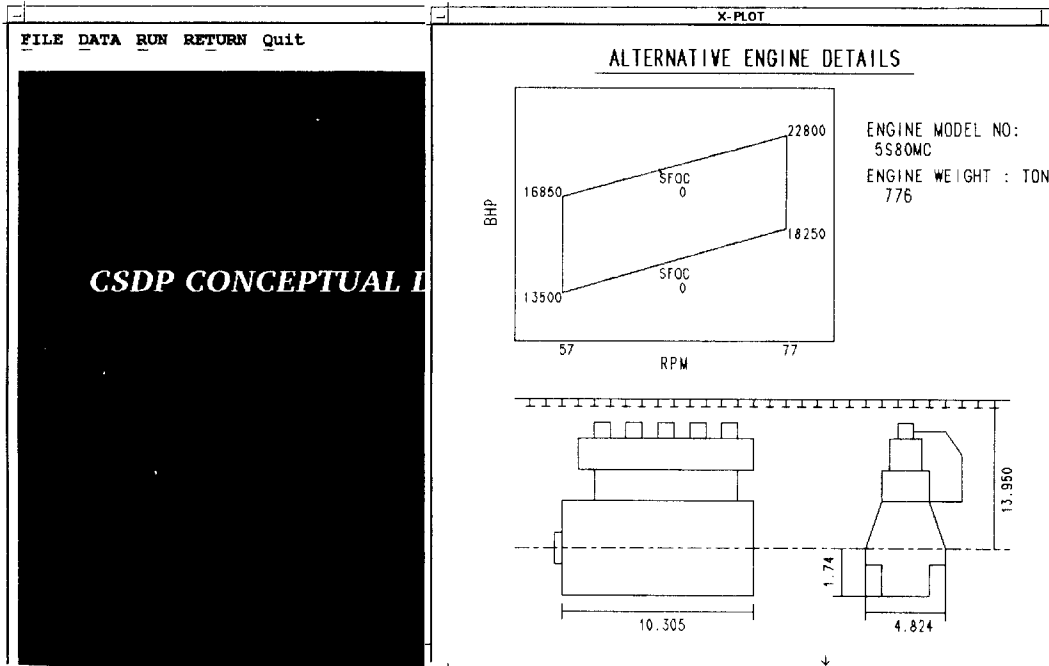


그림 5 주기관 선정과정의 가시화

불리하다. 위부분의 덮개를 통해 화물을 적재하며, 그 외의 바닥에 있는 이중저 탱크나 위쪽 양 옆의 윙(wing) 탱크에는 물을 채우거나 또는 비워서, 화물의 적재 정도에 따른 선박의 자세를 조정하는데 이용된다. 여기서 설계자에게 그 단면으로부터 구할 수 있는 정보들, 즉, 화물창의 용적이라든지, 각 구획에 관련된 크기들을 보여주고, 그것을 바탕으로 수행할 수 있는 선택이나 결정 등을 위한 입력이 가능하도록 한다. 예를 들어 이중저 탱크의 높이를 변경하던, 그에 따른 화물창 용적의 변화를 볼 수 있다.

그림 5는 주기관의 선정에 관련된 정보를 보여준다. 위의 도표는 엔진의 회전수에 따른 출력 마력과 연료 소비율을 보여주며, 아래는 기관실 안에 설치될 엔진의 크기와 윤곽을 보여준다. 이러한 자료를 바탕으로 기관실의 형상이나 크기를 변경할 필요도 있으며, 혹은 엔진 자체를 다른 모델로 변경해야 하는 경우도 발생한다. 이 자료들은 그림 2와 같이 생산이 가능한 엔진들의 특성을 보여주는 것으로, 이미 구축되어 있는 주기관 DB로부터 탐색된 자료이다.

이 글에 보여진 그림들은 실제 EWS 상에서는 여러 가지 색깔로 표현되는 것으로, EWS가 제공하는 칼라의 역할은 설계작업의 가시화에 있어서 중요한 역할을 한다.

5. 맺음말

이 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째로는 전통적인 선박의 개념설계 과정에 처음으로 GUI 개념이 도입되었다. 둘째로는 특정 GUI tool을 선정함에 있어서 그래픽 표준이라는 개념이 적용되었다. 따라서 이글에서 소개된 그래픽 사용자 인터페이스는 다음과 같은 좋은 점들을 갖고 있다.

우선, 설계하고자 하는 대상이 가시화되고, 설계 과정 자체도 가시화되므로, 설계자의 생산성을 향상시키게 된다. 또한, 대부분의 작업

이 마우스로 처리되고, 특수한 명령을 기억할 필요가 없으므로 개발된 설계 시스템을 쉽게 이용할 수 있다. 즉, 사용자 교육이 간단하며, 원활한 사용을 위하여 많은 경험을 요구하지 않는다. 이것도 설계 생산성의 향상을 가져오는 인자가 된다.

사용자 인터페이스의 구축에 있어서 표준화된 부품들을 사용하였으므로 다른 EWS 환경에도 쉽게 이식이 된다. 이것은 장치 독립성(device independence) 또는 이식성(portability)라고 하며, 여러 가지 서로 다른 컴퓨터 시스템을 사용하는 환경에서 절대적으로 요구되는 요소이다.⁽¹³⁾

현재까지 개발된 사용자 인터페이스에 앞으로 추가되어야 할 사항들은 다음과 같다. 우선 한글화 작업이 추가되어야 한다. 현재로서는 영문으로 된 메뉴들이 사용되고 있으나, 현재 GUI 컨소시움을 중심으로 진행되는 한글화 작업이 이용될 수 있겠다.⁽¹⁷⁾ 한글로 된 사용자 인터페이스는 설계자들에게 더욱 편리할 것이다.

또 한 가지 추가할 것은 3차원 그래픽 기능이다. 선박이라는 구조물을 가시화하기 위해서는 3차원 그래픽 기능이 이용되어야 하고, 이미 PHIGS와 같은 국제표준이 많이 사용되고 있다.^(12,18) 개념설계 단계에서는 2차원 그래픽의 기능만으로도 충분한 역할을 수행할 수 있지만, 그 다음 단계인 기본설계나 상세설계와의 자료 공유를 생각하면, 3차원 그래픽이 필요하다. 다만, 3차원 그래픽 기능을 추가하기 위해 많은 노력이 요구되는데, 현재 PHIGS와 x-window가 결합되어 PEX라는 라이브러리로 개발되고 있으므로 차후의 연구에 포함될 수 있을 것이며, 이 글에서는 간단한 2차원 그래픽 기능만을 이용하였다.⁽⁷⁾ 앞으로 PEX의 기능을 적절히 구사하면, 좋은 효과를 볼 수 있을 것이다.

이 글은 과학기술처의 지원으로 수행중인 CSDP 사업 연구결과의 일부를 소개한 것이다.

참고문헌

- (1) 한순홍, 1981, "선박 설계의 과정과 그 전산화에 대하여," 대한조선학회지, 18권 4호.
- (2) Special Issue on 1986 "User Interface Software," ACM Trans. on Graphics, Vol. 5, No. 2.
- (3) Sibert, J.L., Hurley, W.D. and Bleser, T. W., 1986, "An Object-Oriented User Interface Management System," Computer Graphics, ACM Siggraph, Vol.20, No. 4.
- (4) 한순홍, 1986, "선박 설계를 위한 컴퓨터 응용기술에 대한 조사," 대한조선학회지, 23권 3호.
- (5) Haerberli, P.E., 1988, "ConMan : A Visual Programming Language for Interactive Graphics," Computer Graphics, ACM Siggraph, Vol. 22, No. 4.
- (6) Myers, B.A., 1988, "A Laxanomy of Window Manager User Interfaces," IEEE Computer Graphics and Applications.
- (7) Rost, R.J., Friedberg, J.D. and Nishimoto, P.L., 1989 "PEX : A Network-Transparent 3D Graphics System," IEEE CG&A.
- (8) Young, D.A., 1990, "The X-Window System : Programming and Application with Xt, OSF/Motif Edition," Prentice-Hall.
- (9) 장 석, 이규열 외, 1990, "선박 설계 생산 전산 시스템 (Ⅱ)-초기설계 시스템 및 종합 시스템 개발," 한국해사기술연구소 연구보고서.
- (10) 한선영, 전길남, 1990, "객체지향과 사용자 인터페이스," 정보과학회지, 제8권 제5호.
- (11) Chang, S.K.(Ed.), 1990, "Principles of Visual Programming Systems," Prentice Hall.
- (12) Duncan, J.M., Rutland, P.H. and Gibbs, R.E., "Computer Graphics in Warship Design," in Murthy, T. (Ed.), "Computer Methods in Marine and Offshore Engineering," Proceedings of the International Conference, CADMO'91, Florida, USA,
- (13) 한순홍, 서승완, 1991, "컴퓨터 그래픽 표준에 대한 조사 연구," 대한조선학회 춘계 학술 강연회.
- (14) Patrikalakis, N.M.(Ed.), 1991, "Scientific ;Visualization of Physical Phenomena," Proceedings of CGTI'91, Springer-Verlage.
- (15) Nowacki, H., "Visualization of Engineering Design," in(14)
- (16) 김연승, 허영환, 1991, "News 환경하에서 과학기술용 전산코드 사용을 위한 User Interface 개발(Prototype 설계 및 구현)," 컴퓨터 그래픽스 및 설계자동화 학술발표 논문집, 제3권 제 1 호.
- (17) 이동만, 윤진수, 전길남, 1991, "윈도우 시스템의 국제화/지역화와 GUI 컨소시움," CAD/CAM, 7월호.
- (18) Hendersons, E., et al., 1991, "PHIGS PLUS : Proposed Extension to PHIGS Graphics Standard," SIGGRAPH Tutorial Course Notes C15.
- (19) 이동곤, 이경호 외, 1991, "사용자 지향 대화형 개념설계 모델," 대한조선학회 추계 학술발표회 발표, 91.11. 