

차세대 조선 CAD시스템의 방향

한순홍 <과학기술원 기계공학과>

1. 문제점과 배경

1996년부터 우리나라의 대형 조선소들에서는 차세대 CAD시스템을 선정하기 위한 벤치마크(Benchmark) 시험을 해오고 있다. 차세대 시스템을 선정하기 위한 조선소 별로의 노력은 벤치마크를 위한 직접적인 비용의 부담 뿐만이 아니라 그 작업에 투입된 고급 인력의 인건비, 그리고 시스템 벤더들의 노력까지를 포함하면 대단한 투자를 하고 있다고 볼 수 있다.

문제는 이 중요한 실험의 결과들이 각 회사의 비밀스런 내용을 담고 있기 때문에 귀중한 실험결과들이 서로 공유되지 못하고 있다는 것이다. 현재 이 벤치마킹 작업에 투입되고 있는 막대한 자원을 생각하고, 앞으로의 선택에 따라 조선소에 가져올 미래의 영향들을 생각해 보면, 아까운 자원이 비효율적으로 사용되고 있다는 생각이다. 우리나라 조선산업 전체의 경쟁력 강화라는 입장에서, 또한 조선소 서로의 이익을 위해 공유할 수 있는 실험결과들은 교류하는 것이 가능하지 않을까 기대해 본다.

현재 조선소들이 차세대 CAD를 필요로 하는 가장 큰 이유는, 선체설계와 의장설계 간에 설계 정보를 공유하는 문제점을 해결하자는 것으로 판단된다. 의장공사의 오작 물량 중에 25%는 선체

정보가 제대로 전달되지 않아 의장설계 부분과 불일치를 보이는 것에 기인한다고 한다. 현재의 업무 흐름은 선체설계 위주로 되어 있어, 의장설계 부서에서는 선체설계의 결과에 따라 의장설계를 맞추어 가야 하나, 선체설계의 설계변경이 계속 발생하며 변경도면에 대한 관리가 용이하지 않기 때문에 의장공사에 오작을 가져오게 된다. 더 구체적인 이유는 선체설계를 위한 CAD시스템과 의장설계를 위한 CAD시스템이 서로 달라서 설계정보가 원활하게 전달되지 않기 때문이다.

또 한가지 차세대 CAD시스템을 고려하고 있는 이유는 AutoDef나 SteerBear와 같은 조선전용 CAD시스템의 상대적 낙후와 CADDs, CATIA, Intergraph, AutoCAD, CADRA와 같은 범용 CAD시스템의 빠른 발전이다. Tribon과 같은 새로운 조선전용 시스템이 개발되고 있지만, 장기적으로는 조선전용 시스템 보다는 범용 CAD시스템의 발전 속도가 빠를 것으로 판단되며, 근래에는 범용 CAD시스템의 기능을 확장하여 선체설계를 위해서도 범용시스템을 사용하는 것이 가능하다는 보고들이 계속 발표되고 있다.

차세대 조선 CAD시스템에 대한 결정은 앞으로 우리나라 조선산업의 장래에 많은 영향을 미칠 것이라고 생각되어지기 때문에, 충분한 고려가 필요하고 공통적인 관심 사항에 대해서는 서로 토론을

저자 주) 이 글은 1997년 2월에 개최된 선박설계연구회에서 발표되었던 글을 갱신한 것으로, 시간적인 차이로 인해 수치상의 오류를 담고 있을 수 있습니다.

하는 것이 바람직하다. 현재 삼성은 인터그래프와 GS-CAD(global shipbuilding)를 개발하여 베타 버전이 나와 있고, 현대는 파라메트릭 테크놀로지와 1998년말에 개발계약을 체결하였다.

1.1 얼마나 중요한 결정인가?

국내의 대형 조선소에서 기존의 CAD시스템을 차세대 CAD시스템으로 대체해 나가는 과정에서 최대 800억원의 예산이 소요될 것으로 예상되고 있다. 여기에는 소프트웨어와 하드웨어에 대한 장비 투자와 새로운 시스템에 대한 사용자 재교육, 그리고 기존에 만들어져 있는 CAD데이터베이스를 새로운 시스템으로 이전 (Migration)하는 비용이 포함되어 있을 것이다.

하지만 직접적으로 발생하는 도입비용 뿐만 아니라, 차세대 CAD시스템으로 변경한 후에 예상되는 파급효과와 그에 따르는 간접비용이 더 클 수 있다. 앞으로 차세대 CAD시스템이 지금보다 더 넓은 범위의 설계작업을 위해 사용될 것이고, 설계의 전산화 비율은 더 높아갈 것이다. 따라서 모든 설계정보를 생성하는 장비로 CAD가 이용되고 또한 설계정보의 저장소로 CAD시스템이 이용될 것이므로, 차세대 CAD는 앞으로 더욱더 조선소의 두뇌의 역할을 하게 된다.

또 한가지 고려해야 할 것은 앞으로 5-6년 후에 CAD시스템을 또다시 바꾸려면 얼마나 힘들 것인가를 생각해야 하겠다. 분명한 것은 지금보다 더 넓은 범위의 업무를 차세대 CAD시스템이 담당하게 되므로 변경이 쉽지 않을 것이며, 따라서 이번에 선택하게 되는 CAD시스템에 상당기간 종속될 것이다.

1.2 예상되는 문제점

만일 차세대 CAD시스템이 잘못 선정된다면 어떤 문제를 일으킬 수 있을 것인가? 제일 먼저 생각할 수 있는 문제점은 곧 사라져 버릴 시스템을 선택하는 경우이다. 그 동안 수많은 CAD시스템

들이 개발되고 또 사라졌기 때문에, 벤더가 도산하여 사용중인 CAD시스템에 대한 지원을 중단하게 되는 최악의 경우를 생각해 볼 수 있다.

다른 문제점은 현재와 같이 조선소들이 각자 벤치마킹을 하면서도 서로 정보를 교류하지 않는다면, 조선소 마다 전부 다른 시스템을 채택하게 되는 경우를 생각할 수 있다. 그동안 우리나라 조선소들이 Autokon과 CADDs를 사용해 오면서 비공식적인 기술교류를 상당히 해온 것을 볼 때, 또 우리나라의 기술인력에 대한 총체적인 자원이 충분하지 못한 점을 고려해 본다면, 조선소들이 모두 다른 CAD시스템을 선정하게 된다면 국가적으로는 바람직하지 못한 결과가 될 것이다.

새로운 CAD시스템으로 대체하기 위해서는 당연히 시스템 변경에 따르는 진통이 따르게 된다. 직접적인 비용과 간접적인 비용 뿐만 아니라 시스템 변경에 따른 시행착오로 생산성이 일시적으로 하락하는 경우도 예상할 수 있다. 하지만 이러한 문제점은 피할 수 없는 종류의 것으로 다만 최소화하는 것이 유일한 대응 방안이다.

1.3 과거에는 어떻게 했는가?

〈그림 1〉은 그동안 국내에 도입된 조선용 CAD/CAM 시스템들을 보여준다[2]. 1975년경

| 적용분야 년도 | 개념설계 | 기본설계 | 상세설계 | 생산설계 |
|------------|------|----------|----------------------|-----------------------|
| 1975 | | SEAKING | | VIKING |
| | | | FORAN | HIGAS-P |
| 1980 | | PRELIKON | | AUTOKON |
| | | | SHIPMODEL/ PROCAL | CV, CADAM |
| 1985 | | SIKOB | | AUTODEF, STEERBEAR |
| 1990 | | | | |

〈그림 1〉 국내에 도입된 조선 CAD/CAM 시스템

의 Viking을 1세대, 1980년 경의 Autokon과 CV, CADAM을 2세대, 1990년 경의 Autodef와 Steerbear를 3세대라고 한다면, 이번에 결정되는 시스템은 4세대로 분류될 수 있겠다. Viking과 Autokon의 경우에는 선박연구소를 통한 공동구매 형식으로 추진되었기 때문에, 도입가격의 단체협상, 기술의 공동 관리, 기술교육과 전문가의 공유가 어느정도 이루어 졌다고 볼 수 있다.

1980년 당시에 Autokon의 공동도입에 대한 결정이 잘된 것이었는지를 돌이켜 본다면, 세부적으로 좀더 효과적인 방안이 추진될 수는 있었겠지만, 특별히 다른 대안이 있었던 상황은 아니었고, 그 당시의 부족했던 국내의 기술자원을 생각해 본다면 한가지 시스템으로 통일되었던 것이 더 잘된 것으로 볼 수 있으며, 그동안 부족했던 기술자원을 비공식적으로 교류하고 공유하게 된 결과를 관찰할 수 있다. 선박연구소의 조정 역할은 기술도입을 심의하는 기관으로서 관여하게 된 것으로, 국가 전체적인 입장에서의 고려사항들이 추가되었을 것으로 여겨진다.

앞으로 도입될 차세대 CAD시스템의 경우에, 개별 조선소들이 혼자서만 독자적인 시스템을 보유하는 위험성(Risk)을 부담하기 어렵기 때문에 한가지 시스템으로 물리게 될 가능성이 있다. 다른 조선소들이 채택하지 않은 시스템을 혼자 사용하는 방식은, 그만큼 독자적인 기술력을 자체적으로 확보해야하는 부담이 생기게 되므로, 대형 조선소들이 우선적으로 고려할 수 있는 방안이 된다. 한가지 시스템으로 통일되는 경우가 발생한다면 과거와 같이 국가적인 차원에서 공동으로 도입하기 위한 유리한 협상을 할 수 있겠다.

2. 단일시스템에 대한 통합은 가능한가?

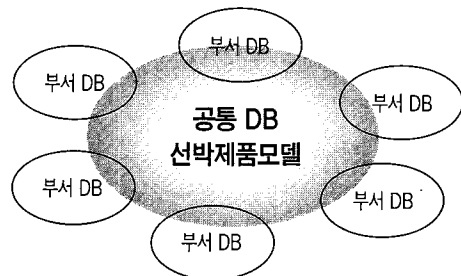
현재 산업계에서의 일반적인 추세는 CAD시스템으로 기업체 내의 모든 업무를 처리하려는 경향으로 움직이고 있다. 과연 단일 시스템으로 모든

업무를 처리할 수 있는지 그 가능성을 살펴보자. 우선은 단일 시스템의 장단점을 살펴보고, 조선전용 시스템을 이용한 단일화 방법과 범용시스템을 이용한 단일화 방법의 차이점을 검토해 보았다.

일반적으로 업무성격이 다른 부서들은 그 고유의 업무를 가장 효율적으로 처리하는데 필요한 핵심 기능들이 CAD시스템에 의해 지원되어야 한다. 이러한 시스템에 대한 기능적인 요구사항은 부서별로 다르며 서로 상충하는 경우도 있고, 요구되는 정보의 종류와 시스템 구조 자체가 달라야 하는 경우도 있다. 예를 들어 업무성격이 완전히 다른 구매부서나 재고관리 부서와 설계부서 간의 시스템 통합은 어려운 문제이다. 이들 부서들의 업무를 수행하기 위하여 요구되는 개별 시스템의 기능은 매우 다르게 된다(6).

이들 시스템을 통해 관리가 요구되는 정보의 양을 비교해 본다면 CAD시스템이 갖고 있는 정보 중에서 해당되는 단위부서 내에서만 요구되는 정보가 대부분을 차지한다. 예를 들어 설계부서에서는 설계도면의 버전관리가 세분화 되어 있어, 개인별로도 다른 버전이 관리되어야 하나 다른 부서에 공식적으로 보내지는 도면의 종류는 상당히 제한적이다.

따라서 <그림 2>에서 보인 바와 같이 단위부서 안에서 생성된 정보중에 밖에 다른 부서에서 필요로 하는 정보는 전체 정보량에 비하면 적은 양을 차지한다. 이런 특성을 볼때 기업체 내부의 모든



<그림 2> 부서 DB와 기업 통합 DB

정보를 하나의 단일 시스템에서 관리한다면 비경제적인 대형 시스템이 필요하게 된다는 것을 알 수 있다.

2-1. 단일시스템의 장점

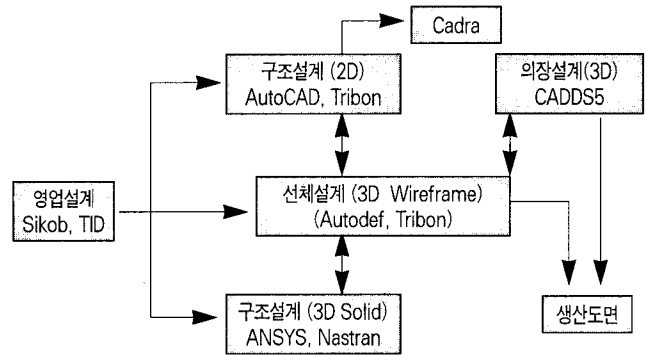
단일 시스템으로 기업의 설계업무를 통합하는 것이 현재의 산업계의 추세로 보인다. 외국의 사례를 보더라도 미국의 Ford 자동차 회사가 한가지 시스템으로 통일하려는 노력을 보이고 있고, 국내의 삼성전자도 I-DEAS를 중심 시스템으로 선정하고 있다. 국내 조선소의 당면한 목표는 전체설계와 외장설계를 단일 시스템으로 통합하는 것으로 여겨진다. 따라서 확실한 버전을 갖고 있는 벤더를 선정하여 그 벤더와 함께 성장하는 것이 당장의 목표가 될 것이다.

단일 시스템으로 통합이 된다면 여러가지 장점을 갖게 된다. 우선 CAD시스템들이 동일한 데이터베이스를 사용하므로 설계정보의 공유는 자연스럽게 해결되며, CAD시스템의 대량 구매와 유지보수를 위한 비용면에서도 경제적인 것이고, 사용자 교육의 측면에서도 다양한 시스템을 보유하는 것보다 유리한 것으로 판단된다. <그림 3>은 현재 선체구조설계를 위해 사용되고 있는 다양한 시스템들과 이들 간의 정보교환 문제를 보여주고 있다. 이렇게 다양한 시스템들이 섞여서 사용되고 있기 때문에 설계정보의 관리상의 문제를 안고 있다.

2-2. 단일 시스템의 단점

단일 시스템의 약점은 CAD시스템을 공급한 해당 벤더에게 의존적인 구조가 된다는 것이다. 사용중인 CAD시스템의 벤더가 경쟁사에게 밀려서 사양화되는 경우가 가장 우려되는 단점이며, 사용중인 시스템에 불만스러운 기능이 있더라도 지속적으로 해당 시스템을 구입하는 것이 불가피하다.

한가지 CAD시스템으로 설계업무 이외에 어느



<그림 3> 구조설계용 CAD 시스템의 상황

업무영역까지 단일 시스템으로 처리할 수 있는가? 예를 들어 구조해석 업무와 생산 자동화를 단일 시스템으로 처리할 수 있는지 고려되어야 한다. 현재 조선소에서 사용중에 있는 다양한 시스템들을 고려해 본다면, NASTRAN, ANSYS, ShipFlow, 진동해석, 생산관리, 물량정보, 일정관리, BOM, NC, Robot 등 매우 다양한 기능들이 요구된다. 선박의 전주기(life cycle)를 함께 고려하는 CALS 개념의 입장에서 볼때, 한가지 시스템으로의 통합은 불가능하다고 볼 수 있다. 더구나 중소 협력업체와 기자재 공급업체까지를 고려의 대상에 포함시킨다면 단일 시스템이란 존재할 수가 없다.

또한 앞으로 5년쯤 후에는 현재의 시스템보다 더 좋은 새로운 CAD시스템이 출현할 것이다. 용접로봇과 같은 더 다양한 자동화 장비들도 새로이 출현하게 될 것이다. 장기적으로 미래에는 더 다양하고 새로운 하드웨어와 소프트웨어가 개발될 것이므로, 이때 또다시 새로운 시스템으로 쉽게 바꾸어 나갈 수 있을 것인지 문제가 된다.

2-3 조선전용 시스템으로의 단일화

일단 단일 시스템으로 간다면 조선전용 시스템이 유리할 것인가 아니면 범용시스템이 유리할 것인가? <표 1>은 이 내용을 정리한 것이며, 조선전

〈표 1〉 범용 시스템과 전용 시스템의 비교

| 비교항목 | 범용 시스템으로의 통합 Intergraph, Catia | 조선전용 시스템으로의 통합 Tribon, (자체 개발) |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 부서별 잇점 | 선체 이외 부서 유리 | 의장기능 약화 |
| 새로운 기술환경 | 유연하게 대처, 빠른 발전 | 상대적으로 지체 |
| 시스템 안정도 | 장기적으로 인정, 수많은 | 장래 불확실, 소수/소형 벤더 |
| 자체 기술력 | 벤더 단기적으로 요구됨 | 장기적으로는 더 많이 요구됨 |
| 도입 가능시기 | 전용화 작업 필요 | 당장 도입 가능 |
| 특정 벤더 의존 | 독립, 신기능 도입에 자유 | 의존(벤더도산) |
| 장단기 대처 | 장기적으로 유리 | 단기적으로 유리 |

용시스템은 최신기술과 다양한 기능을 제공하는 데 있어 범용시스템보다 느리다. 또한 전세계적으로 조선전용 시스템이 줄어들고 있기 때문에 앞으로 한두개의 시스템만이 살아 남을 것으로 여겨진다. 따라서 조선전용 시스템 시장에서 한국은 큰 고객이 될 것이며, 어떤 면으로는 한국을 비롯한 전세계 조선소들이 한개의 조선전용시스템을 같이 키운다는 개념으로 접근하는 것이 필요하다.

기술적으로는 조선전용 시스템들이 과거와 같이 모든 기능을 전체적으로 개발하지 않고, 모델링 커널을 비롯하여 상당한 수의 Off-the-Shelf 모듈들을 채택할 것이다. 예로 Tribon이 채택하려고 준비중인 ACIS와 같은 커널이나, 그밖에 곡면 교차계산을 위한 특수 모듈 또는 애니메이션을 위한 모듈이라던지, 파라메트릭 모델링을 위한 모듈 등 상업용으로 시장에 나와 있는 특수한 용도의 모듈들이 조립되어 사용되는 방향으로 갈 것으로 예측된다.

조선전용 시스템으로 단일화하는 것이 단기적으로는 손쉬운 방법이지만, 장기적으로는 불투명한 변수가 많다고 할 수 있다. 우선 Kockums와 같은 회사는 범용시스템 벤더들에 비해서는 소규모 회사이기 때문에 장래의 지속적인 발전에 불투명한 점이 있다. 앞으로는 새로운 정보기술들이 더 빨리 CAD분야에 도입될 것이라고 볼때, 새로운 기능 모듈의 지속적인 개발능력과 시장확보가

쉽지 않은 문제이다. 장기적으로는 한국의 조선소들이 Kockums와 같은 회사를 공동으로 구매하는 것을 고려해 볼 수 있겠다.

2-4 범용 시스템으로의 단일화

범용 시스템으로 단일화를 추진한다면 조선소의 특수한 업무를 지원할 수 있도록 범용 시스템의 기능들을 전용화(Customization)하는 작업이 필요하다. 이러한 전용화 작업의 내용은 범용성(Generic) 있는 기능모듈들을 조선소 특유(Domain specific)의 기능을 수행하는 기능모듈로

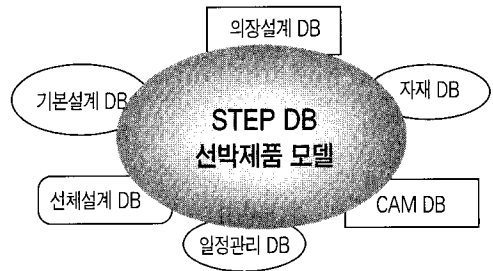
변환(Mapping)하는 일이며, 이중 많은 부분은 벤더들이 제공할 것으로 기대된다.

하지만 앞으로 3-4년 뒤의 장래를 볼때, 추가적으로 발생하는 특수한 기능들을 계속해서 지원하기 위해서는 추가기능의 개발을 위한 프로젝트 성격의 추가적인 구매과정을 거쳐야 할 것이며, 세부적인 기능의 추가를 위해서는 상당수의 조선 CAD 전문가를 자체적으로 필요로 하게 될 것이다. 따라서 벤더는 범용적인 새로운 기술을 도입하는데 주력하고, 조선소는 제공된 외부 접속용 인터페이스 모듈을 이용하여, 조선전용의 기능을 추가하는 전용화 작업을 담당하여야 하겠다.

범용시스템은 일반적인 제품을 생산하기 위한 좋은 도구라고 볼 수 있다. 하지만 조선소에서 사용하기 위해서는 추가적인 기능이 요구되므로 누군가가 전용화 작업을 해야 한다. 많은 경우에 벤더들의 노력에는 한계가 있을 것이다. 따라서 조선소의 자체 기술력이 확보되어야 하기 때문에 대형 조선소에서 우선적으로 시도해 볼 수 있겠다. 한편, 이 전용화 작업을 위해서는 지식기반의 전문가 시스템에 장기적으로 문제를 해결하는데 많은 역할을 할 수 있을 것이다.

범용시스템으로 단일화하는 방법이 단기적으로는 조선전용 시스템을 선택하는 것보다 조선소의 입장에서는 부담이 클것으로 판단된다. 단기간 안

에 자체적인 기술인력을 확보해서 운영해 나가야 하는 기술적인 부담을 갖게 된다. 하지만 장기적으로는 안정적으로 새로운 기술을 도입하는데 유리하고, 벤더로부터 상대적으로 자유로워지는 방법으로 여겨진다. 한편으로는 상당한 수의 소프트웨어 개발인력을 조선소가 자체적으로 보유하는 것이 경제적인지, 아니면 별도의 전문회사로 독립시켜야 하는지는 또다른 문제가 된다.



〈그림 4〉 STEP DB를 기반으로 한 이기종 시스템의 통합방안

3. 차세대 조선 CAD 시스템의 방향

3-1. 차세대 시스템이 가져야 할 기능

차세대 조선 CAD 시스템이 갖추어야 할 기능은 1995년 3월에 발행된 선박설계연구회 보고서에 잘 정리되어 있다[4]. 여기서는 그 중에서 요약된 목록만을 다음과 같이 소개한다.

- 설계/생산의 사전 Simulation
- 선각/의장 분야의 일체화된 설계 및 생산
- 설계와 생산정보의 상호 활용
- 시스템으로부터 초기치 제시 등의 기능적 지원
- 실적선 데이터의 용이한 이용
- 이해하기 쉬운 작업표시와 장치화
- 자동화의 추진
- 기술의 진보에 유연하게 대응할 수 있는 시스템
- 지식의 축적, 계승이 쉬운 시스템
- 간단한 수정 개량은 사용자가 할 수 있는 시스템
- 단계적 발전이 가능한 시스템
- 기존 시스템의 활용이 최대한으로 가능한 시스템
- 사용이 손쉬운 시스템

3-2 차세대 조선CAD시스템의 가능성

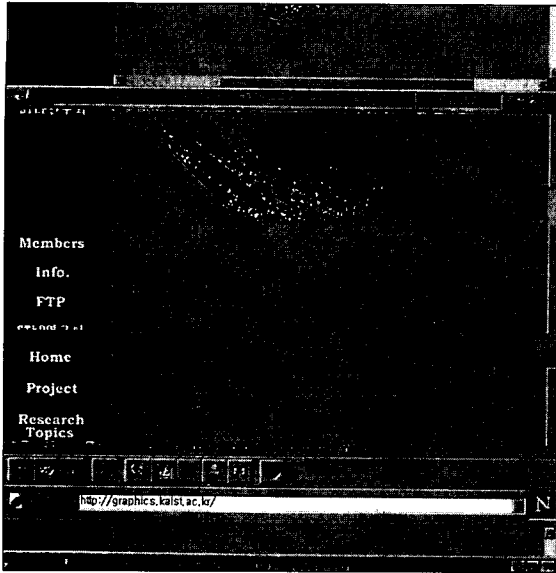
기술의 발전속도가 점점 가속화되는 상황에서는 빠른 변화에 적응하는 시스템이 요구된다. 따라서 기술개발을 위한 충분한 인력을 확보한 조직

이 요구되고 있으며, 시스템의 구조는 살아서 성장하는 시스템의 골격을 갖는 것이 필요하다. 차세대 CAD시스템은 살아 있는 생명체와 같이 업무환경과 기술의 변화에 적응해 나가는 형태를 갖는 것이 바람직하다.

한편으로는 더욱 전문화된 작은 단위의 기능 모듈들과 이들의 협동작업을 통해 전체 공정을 지원하는 방식이 필요하다. 시스템의 기능이 더 작은 단위로 세분화 되고 전체적으로는 한개의 시스템으로 작동할 수 있도록 시스템이 통합되는 것이 필요하며, 이때 객체지향 개념과 데이터베이스 그리고 분산 객체 기술이 이용될 수 있다.

ISO 국제표준인 STEP 표준을 통한 시스템의 통합방법이 활발히 연구되고 있어[5] STEP 데이터베이스, STEP을 기반으로한 PDM의 개발, 공학 데이터베이스(EDB)와 같은 개념들이 출현하고 있다. 〈그림 4〉는 부서별로 서로 다른 전문화된 시스템을 사용하면서, STEP 표준을 기반으로한 데이터베이스를 이용하여 전체 시스템을 통합하는 개념을 보여준다. 부서별로 요구되는 대부분의 정보는 부서에서 사용되는 전용 시스템의 지역 데이터베이스(local DB)에 저장되고, 다른 부서에서 요구되는 공통적인 정보들만으로 구성된 전체 데이터베이스(global DB)를 STEP을 근거로 하여 구축할 수 있다.

이와 같이 현재의 기술변화 추세는 모듈화, 개방화, 표준화, 지능화, 주변 시스템과의 인터페이



〈그림 5〉 넷스케이프 상에서 가시화된 선체형상

스 등과 같은 개념으로 설명할 수 있으며, 이러한 개념을 구현하기 위하여 인터넷, CALS, 복합다양체, 파라메트릭 모델링과 같은 신기술들이 도입되고 있다. 〈그림 5〉는 인터넷에서 많이 사용되고 있는 넷스케이프 브라우저를 통해 전체 설계 정보를 가시화한 것이다. 노트북 pc를 이용하여 인터넷에 연결한다면 영업사원이나 생산부서의 직원들도 값비싼 설계정보를 손쉽게 이용할 수 있게 된다.

참고 문헌

[1] 장석, 김광욱, 김지영, 서승완, 윤병호, "선체 구조도 및 공작도 전산화 체제의 개선 및 개발에 관한 연구", 한국기계연구소 보

고서, 1982년 2월

- [2] 김광욱, "선박설계 생산기술의 전산화 실태", 조선학회지, 28(3):54-59, 1991년 9월
- [3] 이종갑, 외 6인, "차세대 조선 CAD/CAM 기술에 관한 조사연구", 선박해양공학연구원 보고서, 1994년 2월
- [4] 박승균, 외, "첨단 조선생산시스템 조사연구 보고서", 조선학회 선박설계연구회 보고서, 1995년 3월
- [5] 한순홍, "조선 STEP의 개요", 조선학회 선박설계연구회 '96 동계연구발표회, 부산대학교, 1996년 3월, 조선학회지, 33(2):13-18, 1996년 4월
- [6] 구동휘, "Integrating Multiple Data Management Solution", 오토데스크 파일, 96 여름호, pp.28-32
- [7] 이종갑, 외 "차세대 조선생산시스템 통합 기술개발" 1차년도 중간보고서, 기계연구원 선박해양공학연구원, 1996년 10월
- [8] MariSTEP Home Page, <http://www.intergraph.com/federal2/projects/step/>
- [9] MARITIME info, <http://www.metis.no/solutions/ap-factory/maritime.htm>
- [10] Matvelous, ESPRIT Project 20.623, Maritime Industry Virtual Enterprise Linkage, <http://www.biba.uni-bremen.de:80/projects/marvelous/>
- [11] RAMP project, <http://www.scra.org/>
- [12] European Maritime STEP Association: Tutorial on Ship Product Model, <http://ems.germanlloyd.org>