

조선 CIM의 두가지 특성

한 순 흥 <한국과학기술원 교수>

1. 머리말

컴퓨터 통합생산 (CIM : Computer Integrated Manufacturing)이라고 부르는 새로운 생산방식은 제조산업의 경쟁력을 확보하는 수단으로 여겨지고 있어 많은 연구가 진행중에 있다[6]. 우리나라의 기술수준을 선진국의 수준으로 올리겠다는 목표로 추진중인 G7 프로젝트에도 '첨단생산시스템'이라는 과제가 있어 많은 예산과 인력이 투입되고 있다[14]. 조선산업에서도 생산성을 향상시키는 방안으로 CIM을 구축하고자 하는 노력이 진행중이며[15], 일본에서 조선 CIMS 과제가 추진되고 있고[2,3,5,8], 우리나라에도 CSDP 과제가 수년간 계속되고 있다[11].

하지만 CIM이라는 시스템이 아직까지는 목표로 존재하며, 이제 조금씩 그 실체가 형성되고 있고 아직도 계속 연구개발의 대상이다. 이 글에서는 조선 CIM의 성격을 규정해 보기 위하여 유사한 시스템들과 조선 CIM을 비교하였다[4,7,9,12]. 이러한 분석 작업은 앞으로 조선 CIM 시스템 개발에 도움이 될 것이다.

2. 달혀진 대형시스템으로 파악되는 선박

선박이라는 시스템을 유사한 다른 공학제품과 비교하여 보면, Fig. 1과 같이 토목건축물, 그리고 항공기나 자동차와 비교해 볼수 있을 것이다. 선박은 토목건축물과 같은 대형 구조물이면서, 동시에 항공기와 같이 수송시스템의 성격을 갖고 있다.

2.1 대형 구조물인 선박

선박은 그 시스템의 규모와 복잡도라는 면에서 다른 제품과 차별을 둘 수 있다. 선박은 대형 시스템이며 복합 시스템이다. 시스템의 복잡도를 비교하기 위하여 그 시스템을 구성하는 부품의 숫자로 분류를 하기도 하는데, 부품의 수를 보면, 우주항공 시스템과 컴퓨터 시스템 정도가 선박 보다 많은 수의 부품을 갖는다. 많은 숫자의 부품들이 서로 연관되어 있는 복잡한 시스템은 단순한 기계요소의 설계와 생산에서 찾을수 없는 어려움을 갖고 있다.

시스템의 규모를 파악하는데 부품의 숫자도 중요하지만 시스템의 물리적인 크기도 중요하다. 선박의 물리적인 크기는 토목, 건축, 플랜트 등의 규모와 견주어 비교할 수 있을 것이다. 다루어야 할 부품이나 조립품이 크다는 것은, 시스템을 다루는데 또다른 의미의 어려움을 생산작업에 부여하게 된다. 물리적인 규모가 크기 때문에 선박은 신물질이나 반도체 처럼 실험실 안에서 다루어 지기 어렵고, 거대한 장비와 많은 사람의 협동에 의해 느린 속도로 연구될수 밖에 없다.

물리적인 규모가 크기 때문에 선박은 실물 (Full Scale) 실험을 실험실 수준에서 하기가 어렵다. 따라서 설계단계에서 축소모델을 이용한 실험이나 컴퓨

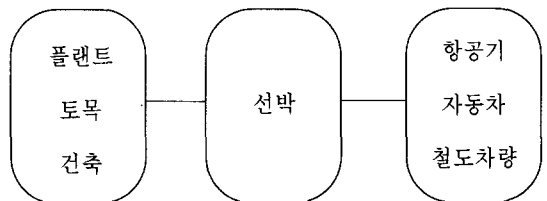


Fig.1 유사 시스템과의 비교

터 시뮬레이션에 많이 의존할수 밖에 없다. 마찬가지로 이유로 선박은 시제품 제작이 곤란하기 때문에 자동차 산업 같이 시제품을 통한 실험이 불가능하다. 물리적인 규모가 크기 때문에 선박의 생산과정은 소규모 조직에 의해 단독 수행될수 없고, 많은 조직간에 협력이 필수적이다. 시제품의 제작과 실험을 충분히 거치는 산업에 비해서, 충분한 실험을 거치지 못하고 시간에 쫓기면서 실제생산되는 선박은, 정밀시공이 어렵고 많은 정보의 미비와 불일치를 극복해 나가야 한다. 이러한 어려움은 대형 토목건축물에서도 나타난다.

2.2 수송 시스템인 선박

선박은 수송시스템이라는 점에서 자동차, 철도, 비행기, 우주선에 견주어 볼 수 있다. 토목건축물과 비교하면 움직이는 시스템이라는 점에서 다르며, 따라서 정역학 뿐만이 아니라 동역학 (Dynamics)이 중요하다. 또한 움직이는 시스템이므로 시스템의 닫힌 정도가 높게 되어, 외부 환경과의 연결 정도나 의존 관계가 작아지게 된다. 따라서 시스템을 구성하는 요소들 간의 긴밀한 의존 관계가 있다. 선박의 설계를 건축물의 설계와 비교하면, 골조라든가 배관 그리고 전기공사와 같은 각 기능부문간의 상호의존 관계가 선박의 경우에 더욱 복잡하다. 즉, 한가지 기능부문에 설계변경이 발생하면, 그 영향이 선박 전체에 파급되며, 그 정도가 크다. 이와같이 기능부문간에 의존도가 높은 것은 시스템을 분류할때 Fig. 2와 같이 닫힌 시스템 (Closed System)인가 아니면 열린 시스템 (Open System)인가를 구분하는 것으로 설명할 수 있다 [1].

선박과 같은 수송기계는 건축물에 비해서 그 닫힌 정도가 높기 때문에 그 시스템이 대부분의 내부문제를 자체적으로 해결해야한다. 예를 들어 건축물은 상하수도 와 전원, 그리고 통신회선이 외부로부터 제공되고, 그밖에 석유나 음식물 등은 수시로 보충될수 있는 시스템이다. 선박은 건축물과는 달리 이동하는 시스템이기 때문에 필요한 전력을 자체적으로 공급하여야 하며, 석유나 물 그리고 음식물을 한달 이상씩 보충받을수 없는 시스템이다.

각 기능부문 간의 상호의존 관계가 높다는 점에서 선박은 항공기나 자동차의 설계와 유사하다. 그것은 각 부문간에 균형을 맞추어야하고, 서로 상충되는 부문간에는 적절한 타결점을 찾아야한다는 것을 의미한다. 예를 들어, 항공기에 있어서 중량에 대한 의존 관계를 살펴본다. 동체와 날개를 연결하는 구조물 부

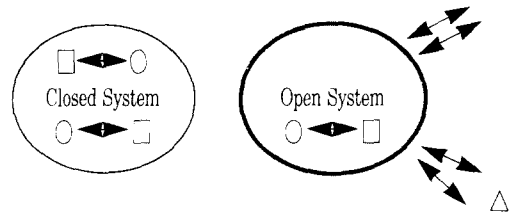


Fig.2 열린 시스템과 닫힌 시스템

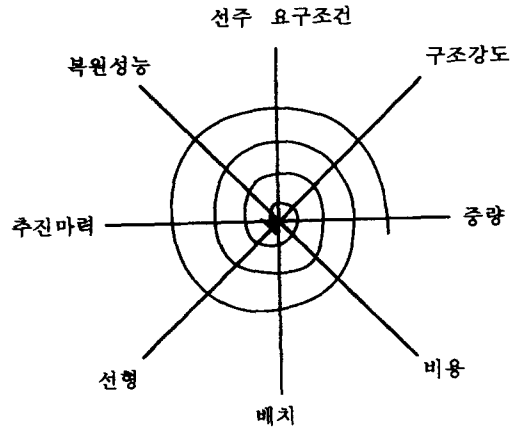


Fig.3 Design spiral

재가 취약하여, 그 부재치수를 증가시키면 중량이 늘어난다. 이 중량의 증가를 지탱하기 위하여 양력 (Lift Force)을 증가 시키려면 더 큰 날개를 필요로 하며, 이것은 다시 중량을 증가시킬 뿐만 아니라, 동체와의 연결부분을 더 강화시켜야 할 필요성을 가져온다. 또한, 이 중량의 증가는 요구되는 비행속력을 유지하기 위해 부착된 엔진의 출력을 증가시킬 필요성을 발생 시키며, 이 엔진 출력의 증가는 중량증가의 또다른 원인이 된다.

이렇게 기능부문 간에 상호의존 관계가 복잡하기 때문에, 설계과정에서 반복작업 (Iteration)이 필수적이며, 이러한 반복작업을 잘 나타내 주는 것이 Design Spiral이다. Fig. 3은 선박 설계에서 이용되는 Design Spiral을 보여준다. 이 Design Spiral이 내포하는 의미를 몇가지 나열해 보면, 여러개의 상호 관련이 깊은 기능부문이 존재함을 보여주고, 반복 (Iteration)에 의해서 설계가 진행됨을 보여준다. 한가지 분야의 설계 변경이 전체 시스템에 영향을 미치기 때문에, 계속적인 반복 작업을 하여야 하며, 이 반복 작업을 통하여 각 분야가 점차 최종 설계안에 근접해 가는 것을 보여준다. 따라서 Design Spiral은 보통 안으로 돌아 들어가는 방향으로 그리고 있

다. 그것은 설계대안 (Design Alternatives)들로 구성된 설계공간 (Design Space)에서 최종 설계를 찾아가는 탐색과정을 보이는 것이기도 하다.

3. 동적 CIM으로 파악되는 선박의 생산과정

금형 (Mold)이나 자동차 시차차량의 생산과정을 살펴보면 선박의 생산과정을 다루는 조선 시스템과 유사한 점을 많이 발견할수 있다. 그것은 설계작업과 생산작업이 얼마나 시간적으로 떨어져 있어서, CAD 데이터가 어느 정도 마무리된 후에 생산계획을 하느냐와도 관계가 있다. Fig. 4는 조선산업과 자동차산업의 업무흐름을 CIM 데이터베이스의 관점에서 비교한 것이다. 대량생산 하는 자동차산업은 수요의 변동에 따라 미리 마련되어 있는 몇가지 설계된 차종에 대하여 생산량을 조절하게 된다.

3.1 주문생산과 대량생산

제조산업의 생산방식을 다품종 소량생산과 소품종 대량생산으로 구분할 수 있다. 다품종 소량 생산은 주문생산 또는 단품생산이라고도 하며, 맞춤 양복, 금형, 선박, 플랜트, 건축물 등의 생산방식이 이 부류에 속한다. 가전제품이나 반도체, 자동차 산업에서는 규모의 경제성이 거론되며 대량생산 체계를 갖고 있

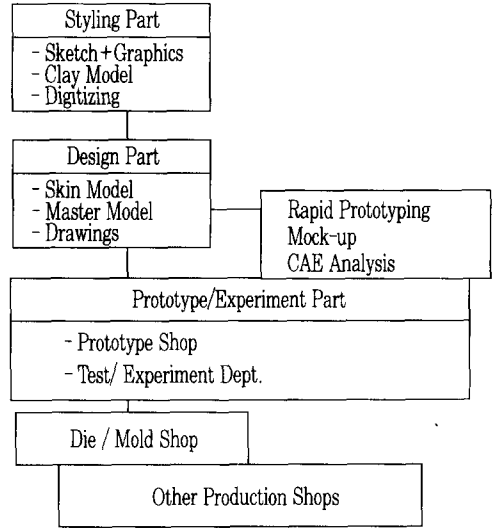


Fig.5 대우 자동차공장의 CAD정보 흐름

어 조선산업과 다른 점을 갖는다.

선박은 항공기나 자동차에 비교하여 시제품 제작이 없다. 항공기나 자동차의 경우에는 시제품이 제작되고, 이것을 바탕으로 많은 시험이 수행된 후에 대량생산을 하게된다. Fig. 5는 자동차 공장의 CAD정보의 흐름을 보인 것으로 설계부문과 생산부문 간에 시간적인 분리가 충분히 있어, 생산 도중에 설계변경이 자주 발생하지 않는 등 서로 간에 동시적인 변화가 적다. 조선산업에서는 설계와 생산작업이 겹쳐서 진행된다. 자동차산업은 설계 후에 시작품 제작과 실험을 거치므로, 설계정보가 생산전에 높은 완성도를 보인다.

선박의 경우는 전형적인 주문생산 방식으로 생산되며, 다품종 소량생산의 극단적인 예인 단품생산방식으로 건조되므로, 자동차와 같은 시제품 제작이 불가능하다. 토목이나 건축물도 시제품 제작이 없다는 점에서 선박설계와 비슷한 어려움을 갖고 있다. 주문생산은 제품마다 별도의 설계작업이 수행되며, 생산성 향상은 단순반복작업의 효율화에서 얻어지는 것이 아니므로, 설계와 생산작업 전반에 걸쳐 시간의 제약이 많이 받게된다. 따라서 설계와 생산이 동시에 병행되어 진행되는 동시공학의 개념이 필수적으로 적용되어야 한다[13]. Fig. 6는 금형공장의 일반적인 업무흐름을 보여주는데, 조선산업의 그것과 많은 유사점을 발견할 수 있다[10]. 설계업무도 전체적인 생산일정계획에 맞추어 진행되며, 구매작업이 설계가 완성되기 전에 시작된다.

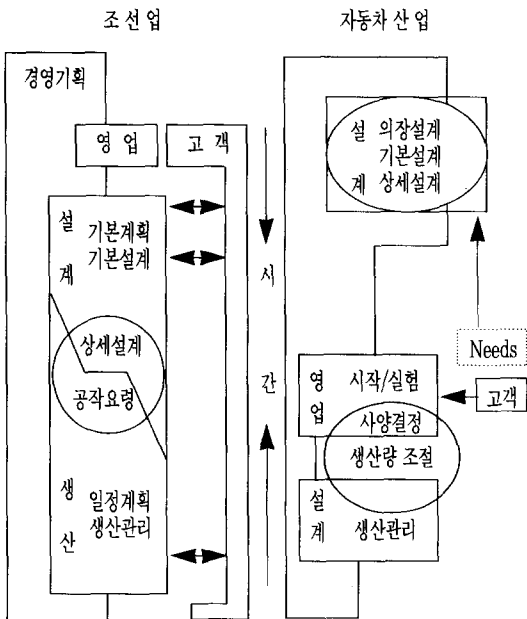


Fig.4 동적 CIM과 정적 CIM (5)

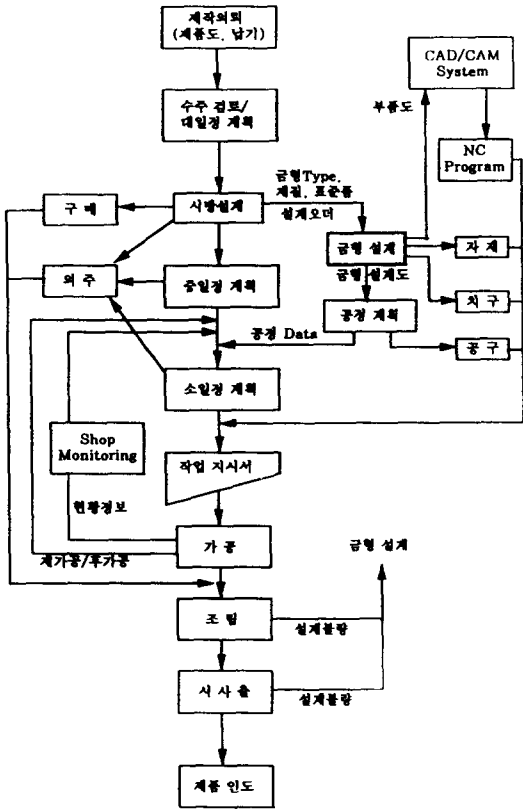


Fig.6 금형 공장의 업무 흐름도 (10)

3.2 CIM 데이터베이스의 성장

컴퓨터를 이용한 통합생산시스템 (CIM)이 구축된다면, 통합된 데이터베이스를 통해 다양한 자동화 시스템들이 정보를 공유하게 된다. 이때 제품의 정보와 생산에 관련된 정보를 갖고 있는 제품모델이나 CIM 데이터베이스는, 제품의 생산단계에 따라 계속 변한다. 데이터베이스 입장에서는 담고 있는 정보의 내용이 변화하며 정보량도 증가하게 된다. 대량생산 방식을 취하는 자동차산업에서는 설계와 생산이 시제품의 제작 및 시험이라는 과정을 사이에 두고 상당히 분리되어 있어서, 설계에 대한 정보가 생산개시 전에 상당히 완성되어 생산도중에는 변하지 않는다고 볼 수 있으나, 주문생산 방식에서는 설계와 생산이 겹쳐서 진행되어야 하는 시간의 제약때문에, 생산작업 도중에 설계변경이 자주 일어나는 어려움을 극복해야 한다.

이러한 각도에서 설계의 과정을 살펴 보면, 즉, 전

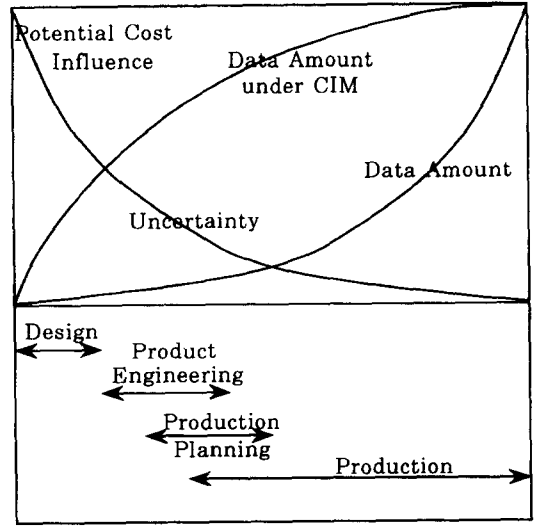


Fig.7 설계의 단계와 정보의 양

산화의 관점이나 정보량의 관점에서 살펴보면, 설계라는 작업은 계속해서 새로운 정보를 생성한다 (Data Creation Model). 즉, 설계는 無에서 有를 창출하는 작업이다. 물론 여러가지 설계대안으로 부터 우수한 것을 선택해 나가기도 하지만, 그 선택될 대안들을 만들어 내는 것도 설계작업의 일부이다. 일반적으로 설계가 진행됨에 따라 그 작업에서 처리되는 정보의 양이 급격히 늘어난다 (Data Explosion Model). 소프트웨어의 관점에서 볼때도 설계의 단계에 따라 처리해야 하는 정보의 양이 증가하며 기존의 정보들은 확실성을 높여간다. 설계의 상세화라는 용어로 설명되기도 하는데, Fig. 7 은 이러한 정보의 증가를 보여준다. 따라서 조선 CIM의 데이터베이스는 생산과정을 거치며 양과 질이 계속 성장해 나가는 동적인 CIM을 구성한다. 초기의 부정확한 정보들은 설계가 진행되어 가면서 확실해 지며 그 양이 늘어난다.

4. 맺음말

이상과 같이 조선 CIM의 성격을 유사한 시스템과의 비교를 통해 규명해 보았다. 그것은 1) 선박은 대형 구조물이면서도 수송시스템의 특성을 동시에 갖고 있는, 상당한 정도로 단려있는 대형시스템으로 파악되며, 2) 선박의 생산과정은 정보관리 측면에서 정적 (Static)이지 않고 동적 (Dynamic)인 CIM으로 파악되었다.

선박은 물리적인 크기가 큰 대형시스템이며, 부품

의 숫자도 많을 뿐만 아니라, 기능부문들 간의 상호 의존성이 높은 닫힌 시스템이며, 생산과정에 시간의 제약을 받으므로, CIM 데이터베이스가 생산과정 중에 계속 변한다.

이와 같은 관찰을 종합해 보면, 1) 조선산업은 다른 분야에 비해서 CIM을 구축하는 것이 더 어려운 것으로 판단된다. 그것은 소품종 대량생산을 하는 산업에 비해 시간상의 압박을 받으므로, 업무의 규격화가 어렵고 업무의 변동이 심하기 때문이다. 2) 반면에 일단 CIM이 구축되면, 그 효과가 다른 산업에 비해 훨씬 클 것이다. CIM 데이터베이스를 다양한 부서에서 공유하고, 계속 변화하는 정보내용을 같이 완성해 나가는 것은, 동시공학의 개념이 실제로 구현되는 시스템으로 파악된다.

최근의 산업의 일반적인 현상을 다품종 소량생산 방식이 요구된다고 하며, 이 때문에 유연생산시스템(FMS : Flexible Manufacturing System)이 필요하다고 설명하고 있다. 조선산업은 오래 전부터 대형의 복합시스템을 주문생산 방식으로 생산해 오고 있기 때문에, 그 어려움을 극복할수 있는 많은 노하우를 이미 보유하고 있는 산업이다. 따라서 조선 CIM을 구축하는 어려운 작업이 일단 이루어지면, 그 기술은 다른 제조산업의 CIM 구축에 쉽게 이전될수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 현승일 역, "일반체계이론", 대우학술총서 번역 32, 민음사, 1990년 9월, Ludwig von Bertalanffy, "General System Theory - Functions, Development, Applications, New York : George Braziller, 1968

[2] T. Koyama, "The Role of Computer Integrated Manufacturing for the Future Shipbuilding", in IMSDC '91, 4th International Marine Systems Design Conference, May 1991

[3] (일본) Ship and Ocean 재단, "조선 CIMS Pilot Model의 개발 연구 - 평성 2년도 사업의 성과 발표회", 1991년 8월 (일본어)

[4] 한순홍, 이동근, 이경호, "Motif를 이용한 선

박개념설계 시스템용 그래픽 사용자 인터페이스의 개발", 기계학회지, 32권 3호, 1992년 3월

- [5] (일본) Ship and Ocean 재단, "1991년도 조선 CIMS Pilot Model 개발연구 보고서", 1992년 3월 (일본어)
- [6] 이규열, 한순홍, 외, "조선 CIM을 위한 시스템 요소기술의 현황", 조선학회지, 29(2):47-93, 1992년 6월
- [7] 한순홍, "어떤 글이 논문집에 실려야 하는가? - 설계분야 논문선정에 대하여", 조선학회지, 29(4):96-102, 1992년 12월
- [8] (일본) Ship and Ocean 재단, "조선 CIMS Frame Model 개발 연구 보고서", 1993년 3월 (일본어)
- [9] 한순홍, 이규열, 이동근, 강원수, "선박 초기 설계용 전산시스템의 개발방안 연구", 조선학회논문집, 30(2):13-23, 1993년 5월
- [10] 강무진, 김영기, 이무성, 도성희, "금형공장에 있어서의 수주 Simulation", 정밀공학회 93 춘계학술대회논문집, 1993년 5월, pp.252-256
- [11] 이규열, 서승완, 외, "선박 설계 . 생산 전산시스템 (IV) - 종합시스템 개발", 기계연구원 선박해양공학연구센터, 1993년 8월
- [12] 한순홍, 이동근, 이경호, 이규열, "Visualization of the Conceptual Design Process of Ships by a Graphical User Interface", Journal of Ship Production, 10(2):90-98, SNAME, May, 1994
- [13] 김효철, 외, "동시공학 개념의 선박설계 및 생산과정에서의 적용을 위한 조사연구", CSDP 조사연구 보고서, 대한조선학회, 1994년 6월
- [14] "G7 첨단생산시스템", 제2회 워크샵, 생산기술연구원, 1994년 6월
- [15] J. Brodda, K. Johansson (Eds.), Proceedings of ICCAS'94, 8th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, IFIP WG5.6, Held in Bremen Germany, Sept. 1994