

조선업의 CIM 시스템을 위한 생산정보 시스템의 구축방안에 관한 연구

양선모** , 이순요** , 이석주***

*고려대학교 대학원 산업공학과, **고려대학교 산업공학과, ***삼성 데이터 시스템(주)

A Study on the Information System for CIM in Ship Production Industry

Sun Mo Yang, Soon Yo Lee

Dept. of Industrial Engineering, Korea University

Lee Seouk Joo

Samsung Data System Co.

ABSTRACT

Some concepts and methods for information system as a part of CIM system in ship production are proposed in this paper. The characteristics and problems focused on product design and production planning and control are analyzed. A conceptual framework for CIM in ship production is presented, which is focused on a product model for information system. A methodology for the practical use of information for each managerial class is also presented.

1. 서 론

조선업은 개별수주에 의한 복잡한 조립생산형태를 이루고 있으며 조립하기전에 생산해야 할 반제품(Interim Product)이 다양하고 생산공정의 변환과정이 매우 복잡하다. 따라서, 컴퓨터기술, 자동화기술 등 생산지원기술이 급격히 진보하고 있는 고도의 정보화사회에서 국내의 조선업이 세계의 주요 선진국으로서의 경쟁력을 확보하기 위하여는 선박의 개발이나 생산기술, 관리기술 등의 기술력을 강화하여 조선업 자체의 체질을 외부환경의 변화에 대응하도록 변혁하고 내부적인 관리능력을 강화하여야 한다.

컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어의 발전으로 생산기술적인 측면에서 CAD(Computer Aided Design) 시스템, 자동선반, 머시닝센터, 로봇트, 자동운반설비 등의 실용화가 가능하여, 여러 산업분야에서 설비의 자동화를 도모하여 유연생산 시스템으로 발전시켜오고 있지만, 조선업은 선박의 건조기술이 숙련작업자에 대한 의존도가 높은 노동집약적인 특성이 강하여 자동화의 필요성은 높으나 다품종 소량생산, 복잡한 대형 3차원 구조물 생산, 부재나 부품이 다양한 복잡한 생산공정 등의

요인으로 자동화를 이룩하는데 많은 어려움이 있다. 따라서, 설계를 비롯한 엔지니어링 기능, 가공기술 등의 자동화는 현장 중심적으로 부분적으로 이루어지는 상향식 접근방법의 형태를 취하고 있지만 전체적인 공장자동화의 개념에는 크게 접근하지 못하고 있다[1],[2].

한편, 관리기술적인 측면에서 보면 선박의 긴 건조과정을 통하여 설계, 생산, 자재, 설비, 인원 등의 효과적인 운영을 위한 방대한 양의 생산정보가 생성되고 있으며, 이러한 정보는 건조과정의 성공적인 운영을 위한 의사결정을 위하여 필요한 시기에 따라 수집되고 분석되어야 한다. 특히, 조선업의 특징인 개별수주생산형태하에서는 설계 및 생산과정이 건조선박에 따라 매번 새롭게 해야 하므로 설계 및 생산의 전공정에 걸쳐 정보의 일원적 관리와 일관성있는 처리가 정보관리의 핵심이 되고 있다.

조선업의 CIM(Computer Integrated Manufacturing) 시스템은 조선공정에 필요한 정보의 생성 및 전달의 고도화를 실현할 수 있는 생산정보 시스템을 중심으로 구축되는 것이 바람직하며, 이러한 시스템은 선박의 계약, 설계, 생산, 인도에 이르기까지 조선의 전체공정에 필요한 모든 정보를 일원적으로 처리하기 위하여 설계와 생산관리를 중심으로 이루어져야 한다[3],[4].

또한, 조선업의 CIM 시스템의 중요한 요건 중의 하나는 생산정보 시스템이 한국적인 조선업 풍토를 적절히 반영할 수 있어야 하며, 동시에 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 선박의 수주에서 인도까지에 이르는 일련의 계획 및 통제정보가 하나의 시스템으로 통합화되어야 한다. 본 연구의 목적은 조선업의 특징 및 문제점을 분석하고, 이를 토대로 한 조선업의 CIM 시스템의 개념을 제시하는데 있다. 그리고 CIM 시스템의 일환으로서 생산정보 시스템의 구축을 위한 방법으로 프로덕트 모델의 개념과 사용자의 효과적인 정보이용을 위한 관리정보의 계층별 정보활용의 체계화를 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. 조선업의 특징과 문제점

조선업에서 선박의 건조를 위하여는 전체적인 기능이 설계, 자재, 제조, 생산관리, 설비, 품질 등 여러 분야로 나뉘어져 협력 및 지원에 의하여 진행된다. 그러나 선박의 건조는 초기의 불완전한 정보에서 출발하여 장기간에 걸친 생산기간 동안에 정보가 구체화되는 조선업 고유의 특성상 설계부문, 생산부문, 그리고 생산관리부문이 매우 중요한 기능으로 인식되고 있다. 본 연구에서 고찰하고 있는 조선업의 특징과 문제점은 설계부문과 생산관리부문을 중심으로 고려되고 있다.

(1) 조선업의 생산형태는 개별수주생산형태로서 선박의 형태 및 기능은 선주의 요구사항에 절대적인 제약을 받는다. 따라서, 고객의 요구에 대한 대응은 일반 제조업과 같이 기존에 형성된 생산정보를 단순히 변형, 조합시킴으로서 가능한 것이 아니라, 계약의 시점부터 방대한 양의 새로운 생산정보의 형성이 필요하며 계약부터 인도까지의 일련의 선박건조과정을 통하여 개개의 선박에 대한 고유의 생산정보가 작성되어야 한다. 그러므로 과거에 형성된 생산정보의 단순한 반복사용이 곤란하고 방대한 생산정보의 생성, 전달, 조정, 변경이 반복되므로 필요한 정보의 양과 질적 수준의 저하가 초래될 수 있다.

(2) 조선업은 일반 제조업에 비하여 노무비의 비중이 큰 노동집약적 산업이며, 설계, 생산 등 각 부문의 다수 인력이 초기단계부터 동시병행적으로 작업이 추진된다. 따라서, 작업자의 숙련정도에 따른 작업의 속도, 밀도, 정도 등에 대한 개인차가 크며 숙련작업자의 노하우에 의하여 작업의 진척이 크게 좌우된다. 특히, 설계부문은 분야별, 기술별로 전문화되어 있어서 담당자의 분야간의 이동이 어렵고 설계의 노하우가 각 개인에게 분산되어 관리가 곤란하다. 이러한 점은 생산 및 설계의 노하우를 정보화 하는데 있어서 그 표현방법과 축적을 어렵게 하고 있다.

(3) 조선업의 제품은 거대한 3차원 구조물로서 생산 리드타임이 매우 길고 제한된 기간내에 신규설계 및 생산이 이루어져야 하기 때문에 많은 양의 생산정보의 생성, 전달, 조정, 변경이 반복된다. 이렇게 긴 생산 리드타임은 미래의 불확실한 상황에 의하여 선평작성, 예산시수의 추정 등 초기계획에 대한 최적화를 어렵게 하고 있으며 실적 데이터가 충분한 활용이 미흡하여 설계정보의 부정확성에 따른 도면의 수정, 불명확한 작업지시에 따른 작업의 혼란 등이 발생하고 있다.

(4) 조선의 생산공정은 선박을 분할한 블록을 중심으로 이루어지고 있는데, 생산정보가 각 부문에서 동시다발적으로 생성되어 작업의 계획과 실적의 차이가 On Line으로 파악하기

어렵고, 전체적인 계획에 대한 진도관리 및 성과분석, 공장내의 물류 등이 Real Time으로 파악되기 어렵다. 따라서, 관리무문의 하위계층부터 상위계층에 이르기까지 필요한 정보의 분석 및 조정이 쉽게 이루어지지 못하여 차후의 공정진행에 대한 의사결정을 어렵게하고 있다.

(5) 선박의 건조과정의 매우 복잡한 프로세스를 거치게 되는데, 이로 인하여 생산기능의 분산화가 이루어지고 있는 것이 일반적인 경향이다. 따라서, 생산과 관리의 기능이 업무상으로 모호한 관계를 형성하여 관리의 고유기능이 제대로 수행되지 못함에 따라, 계획의 분배와 이에 따른 통제 등이 제대로 이루어 지지 못하고 있다.

즉, 생산관리업무의 체계적인 흐름정립이 미비하여 관련 부서간의 생산관리업무에 대한 견해차의 발생으로 합리적인 업무처리가 되지 못하고, 생산관리의 기능이 선각, 의장 등의 현장관리팀으로 분산위임되어 계획에 대한 통제가 취약하다. 또한, 상호간의 관련부문에 대한 인터페이스가 충분히 고려되지 못하는 경우가 있으며, 불력단위를 중심으로 생산관리에 대한 진도관리 및 성과분석이 이루어지고 있을 뿐 상위기능과 하위기능의 조정이 제대로 이루어지지 못하고 있다.

이상과 같은 조선업의 특징과 문제점은 설계 및 생산관리를 중심으로 하는 효과적인 CIM 시스템의 구축을 어렵게 하고 있지만 고도의 정보화사회에서 조선업이 지속적인 발전과 경쟁력을 확보하기 위하여는 힘든 과정이라 하더라도 CIM 시스템의 구축은 반드시 필요하다.

3. 조선업의 CIM 시스템

CIM 시스템은 여러 제조업 분야에서 기업의 혁신을 위한 핵심기술로 인식되고 있으며, CIM 시스템의 구축을 위하여 많은 종류의 패키지화된 프로그램이 상품화되고 있다. 그러나 제품화된 CIM 시스템은 일반적인 접근방법의 제시는 될 수 있으나 개개의 기업이 가지고 있는 고유의 특성을 적절하게 반영할 수 없으며, 상당부분의 시스템이 기업의 특성에 맞게 변형되어야 한다. 이것은 제품화된 CIM 시스템의 본래의 의도와 많은 차이를 가져올 수 있기 때문에 바람직한 기대효과를 얻을 수 없다.

따라서, CIM 시스템은 제품화된 것을 도입하여 구축하는 것은 매우 바람직하지 못하며, 기업의 고유환경을 고려한 전략수립을 기초로 부분적인 단계에서 전체적인 단계로 발전시키는 CIM 시스템이 되어야 하며, 이것은 조선업의 경우에 있어서도 마찬가지라고 할 수 있다.

CIM 시스템의 발전단계는 CIM 시스템의 구축전략에 따라 그 시각을 여러 가지로 달리할 수 있지만 본 연구에서는 그림

1과 같은 단계로 표현할 수 있다. 본 연구에서 표현하고 있는 조선업의 CIM 시스템은 CIM(1)의 단계에 그 범위를 두고 있다 [5].

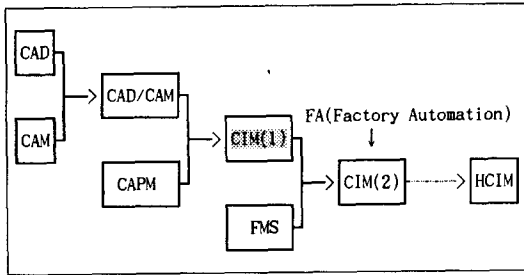


그림 1. CIM 시스템의 발전단계

CIM(1)은 정보의 통합화 단계라고 할 수 있는데, 기술정보로서 CAD와 CAM(Computer Aided Manufacturing)의 결합정보인 CAD/CAM과 관리정보로서 CAPM(Computer Aided Production Management)의 결합정보로 이루어지며, 생산현장의 자동화(Flexible Manufacturing System)에 기술 및 관리정보가 결합되어 CIM(2)를 이루게 된다. 그리고 CIM(2)는 영업 및 연구개발의 범위로 확대되며, 궁극적으로 이러한 CIM은 휴먼 CIM(HCIM)의 단계로 발전하게 된다.

조선업에 있어서 CIM 시스템의 전략은 수주에서 인도에 이르기까지 영업, 설계, 관리, 자재, 제조, 검사 등 모든 과정을 컴퓨터와 응용기술을 이용하여 통합화하고, 필요한 수준의 필요한 정보를 필요한 시기에 맞추어 제공함으로써 각 부분의 의사소통을 원활하고 신속하게하여 선박의 건조과정에 내재하고 있는 생산성의 향상, 생산 리드타임의 단축, 변경에 대한 대응력의 신장 등 당면과제의 해결을 도모하고 기업전체를ダイナ믹하게 움직이도록 하는데 중점을 두어야 한다[6].

조선업의 CIM 시스템의 구축을 위한 기본전략은 다음과 같은 세가지의 전략으로 집약될 수 있다.

(1) 조선업의 CIM 시스템은 조선업이 노동집약적 체계에서 정보의 통합화를 통한 지식집약적 체계로 전이될 수 있도록 구축되어야 한다. 조선업은 건조과정에서 숙련작업자의 의존도가 매우 높아서, 숙련작업자에 대한 수급문제는 매우 심각한 요인으로 작용하고 있으며 이러한 현상은 향후에도 심각해질 전망이다.

따라서, 노동집약적 산업의 취약성을 극복하기 위하여는 숙련작업자의 노하우를 정형화된 지식의 형태로 정보화하여 정보 시스템에 의한 지식집약적 체계로 전이하는 것이 필요하며, 이를 위한 사용자편이 시스템(User Oriented System)의 개발이 중요하다[7].

(2) 조선업의 CIM 시스템은 매년 새로운 상황에 대한 대

응력을 높일 수 있도록 다이내믹해야 한다. 일반 제조업에서는 제품을 생산하기 위한 설계, 공정 등 기본정보를 사전에 준비하고 고객의 요구에 따라 미리 생성된 정보를 추출하여 대응하는 것이 일반적이다. 이러한 경우의 CIM 시스템을 리트리벌 시스템(Retrieval or Static CIM)이라고 할 수 있다.

그러나 선박의 건조는 초기의 불완전한 정보에서 출발하여 시간이 지남에 따라 초기의 정보가 구체화되기 때문에 초기정보의 변환과정이 매우 많으므로 정보 시스템은 시간과 상황에 따라 매우 능동적으로 변할 수 있어야 한다. 이러한 측면에서 조선업의 CIM 시스템은 다이내믹 시스템(Dynamic CIM)이 되어야 한다[7].

(3) 프로덕트 모델의 개발이 조선업의 CIM 시스템을 구축하는데 있어서 중심이 되어야 한다. 프로덕트 모델은 선박의 디자인에 의하여 형성된 형상모델을 대상으로 생산에 필요한 각종 데이터를 수치화하여 데이터베이스에 데이터 모델을 형성하는 것으로 정의할 수 있으며, 그림 2는 프로덕트 모델의 개념을 나타내고 있다[6].

즉, 프로덕트 모델은 선박의 기획에서 개발, 수주, 설계, 자재발주, 가공, 조립, 검사, 인도까지의 전과정에 필요한 기술 및 관리정보를 경영, 설계, 생산상의 문제를 검토하기 위하여 시뮬레이션을 실시하고 이를 토대로 필요한 기본생산정보를 실제의 생산에 앞서 데이터베이스화하는 것이다.

프로덕트 모델의 주요 대상은 제품설계, 생산계획, 생산통제가 중심이 되고 있으며, 여기서 나타내는 프로덕트 모델은 그림 1의 CIM(1)의 단계에 해당하는 개념을 나타내고 있다.

조선업에 있어서 프로덕트 모델의 정보특성은 조선의 특성표현이 용이, 선각 및 의장의 관리에 적합, 부문간의 데이터의 교환이 용이, 설계의 유사구조에 대한 데이터 생성용이, 형상 및 속성데이터의 자동변경용이, 외부환경과의 호환성 등이 고려되어야 한다.

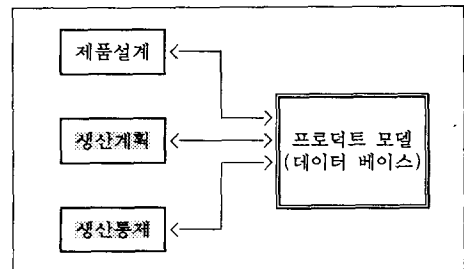


그림 2. 프로덕트 모델의 개념도

이상과 같은 전략을 추진하기 위한 조선업의 CIM 시스템에 대한 기본 구상은 전체 시스템의 계층적 서브시스템화해 두고 설계와 생산의 사전 Simulation, 실적선 데이터의 용이

한 활용, 설계 및 생산기술에 대한 노하우의 정형화된 정보화, 숙련을 요하지 않는 작업방법의 표현화 등이 구체화될 수 있어야 한다.

따라서, 조선업에서의 CIM 시스템은 프로덕트 모델의 구축에 의한 데이터 베이스와 각종 Application 등이 주요부분이 되어야 하며 특히, 생산관리 정보를 중심으로 계층적 혹은 서브시스템(Infrastructure)의 구성이 중요하다. 또한, 프로덕트 모델의 중요요소인 생산관리 정보의 효율적인 활용을 위하여는 다음에 나타내고 있는 계층별 정보활용의 체계화가 필요하다.

4. 계층별 정보활용의 체계화

전산 시스템의 발전으로 생산과 관련된 많은 데이터의 수집과 이를 이용한 생산설비의 제어가 가능하게 되었다. 그러나 아직도 이러한 데이터의 체계적인 처리가 잘 이루어지지 않고 있으며, 수집된 데이터의 분석 및 처리에 많은 시간이 소요되고 있다. 또한, 분석결과에 기초한 필요한 결정을 위하여는 일일이 인간이 개입해야하는 상황에 놓여 있다[8].

이와 같은 상황으로 인하여 기업환경의 대내적인 측면에서 생산에 직접적으로 관련되어 빈번한 변화요인에 대한 대응력의 부족, 선주의 사양변경 등에 대한 신속한 후속조치의 지연, 생산계획의 수립 후 변경에 대한 적시수정의 지연에 따른 생산계획의 신뢰성 감소 등의 문제점들이 발생하고 있다.

그리고 관리의 하위계층으로부터 상위계층에 이르기까지 이용되는 전산자료는 불필요한 내용이 많이 포함되거나 중복되고, 때에 따라서는 분산되어 흩어져 있는 경우가 많다. 따라서, 관리의 하위계층이 필요로 하는 자료는 그 담당자의 업무범위안에 있는 자료만으로 충분하지만 관리계층이 높아질수록 관리의 범위는 넓어지지만 적은 양의 중요한 자료로 신속하게 상황판단이 가능하도록 하기 위한 적절한 정보의 적시공급이 필요하다.

이를 위하여는 앞에서 제시한 프로덕트 모델과 이것을 사용하는 사용자간의 매개역할의 기능이 필요하다. 계층별 정보활용 체계화는 이러한 매개역할의 기능을 담당하는 것으로 복잡해진 자료를 정비하고 각각의 관리계층이 필요로 하는 정보를 적시에 제공하기 위한 정보흐름을 체계적으로 재구성하는 것이다.

계층별 정보활용 체계화를 추진하는 단계는 크게 5단계로 나눌 수 있으며, 프로덕트 모델에 구축된 생산관리정보의 효율적인 이용을 위하여 사용자편이 시스템을 구체화하는 것이다. 그림 3은 프로덕트 모델, 사용자 인터페이스와 계층별 정보활용 체계화의 관계를 나타내고 있다. 여기서 사용자는 조선의 건조과정에 참여하는 하위관리층에서부터 상위관리층까지의 모든 관리자를 지칭한다.

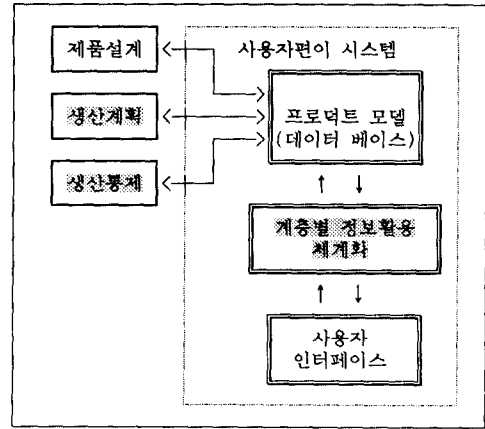


그림 3. 계층별 정보활용 체계화의 위치

(1) 제 1 단계 : 기반조성

기반조성단계는 계층별 정보활용 체계화를 위하여 기업의 현황을 파악하고 생산활동과 관련된 문제점들을 도출하는 단계이다. 이 단계에서 수행되어야 할 중요한 과제는 계층별 정보활용 체계화를 위한 필요성의 인식, 기본자료의 조사, 생산정보의 흐름파악, 생산정보의 흐름상에 존재하는 문제점의 파악을 통한 필요정보의 추출을 위한 방향의 설정 등이다. 특히, 이 단계에서 중요한 것은 어떻게 기업의 각 부문에 있어서 계층별 정보활용 체계화에 대한 동기를 부여할 것인가에 있으며, 자발적인 참여의식의 형성이 성패의 중요한 관건이 된다는 점이 강조되어야 한다.

(2) 제 2 단계 : 자료정비

기업의 경영환경이 복잡해짐에 따라 생산활동과 관련된 자료는 크게 늘어나고 있으며 형태면에서도 매우 다양화되고 있지만, 필요한 시기에 제공되어야 할 정보는 여러 가지 자료 중에서 필요한 정보만으로 구성되어야 한다. 그러나 생산활동에 참여하고 있는 각각의 부서 및 담당자의 필요성에 의하여 임의로 생성되는 자료는 다른 자료와의 중복이 일어나는 경우도 발생할 수 있고 각 관리층에서 필요한 정보를 위해서 여러 가지의 자료를 동시에 보아야 하는 경우도 있다.

자료의 정비는 필요한 정보의 적시공급을 위하여 전산 시스템에 의하여 생성되는 자료에 대한 중복성여부, 필요자료의 생성유무, 불필요한 자료의 파악, 공통자료의 일관성 등을 검토하여 제대로 갖추어지지 못한 자료들을 정비하고 일목요연한 형태로 재구성하는 것이다.

(3) 제 3 단계 : 자료의 연결 및 통합화

생산활동에 관련된 각 부서는 제품을 중심으로 하여 여러 가지 형태로 연결되어 있다. 따라서, 각 부서에서 관리하고 있는 자료도 다른 부서와 연결이 되어야 하며 필요에 따라서는 데이터 베이스안에 표준화된 형태로 통합되어야 한다.

자료의 연결 및 통합화는 각 부서에서 사용하는 자료간의 연결점을 찾아서 연결의 범위를 정하고 필요한 자료를 하나의 형태로 통합하여 프로덕트 모델을 위한 전산시스템을 보완하는 과정의 기초를 마련하는 매우 중요한 단계이다.

(4) 제 4 단계 : 전산화 및 시스템의 보완

전산화 및 시스템의 보완을 위해서는 제 3 단계까지의 과정에서 어떤 자료의 생성이 필요하고, 기존의 시스템에서 생성되는 자료가 어떤 형태로 변화되어야 하는가 등에 대한 준비가 되어있어야 한다. 이러한 과정을 바탕으로 전산화 및 시스템의 보완과정은 전체적인 시스템의 재구성이 아닌 단계적인 개발 및 평가과정을 거치는 것이 바람직하다. 이 과정에서 반드시 인식되어야 할 점은 이 단계의 목적이 단순히 전산 시스템의 구축에 있는 것이 아니라는 점이다. 즉, 각 부서에 대한 개발된 시스템의 모의적용을 통하여 계층별 정보활용의 체계화에 대한 효과를 가시적으로 얻을 수 있을 때까지 수년간 꾸준하게 Follow up해주는 과정과 절차를 밟아야 한다.

(5) 제 5 단계 : 조직의 유기적 운영 및 TFT강화

계층별 정보활용의 체계화의 제 5 단계는 고도의 관리기술을 필요로 하는 부분으로 조직의 유기적인 활용을 위하여는 전문인력을 중심으로한 휴먼네트워킹의 형성을 의미한다. 따라서, 이 단계는 단순한 정보 시스템의 차원에서 고려되는 것이 아니라 기업의 조직을 중심으로 경영전략적인 측면에서 고려되어야 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 조선업의 특징 및 문제점을 분석하고, 이를 토대로 한 조선업의 CIM 시스템의 개념을 제시하였다. 그리고 CIM 시스템의 일환으로서 생산정보 시스템의 구축을 위한 방법으로 프로덕트 모델의 개념과 사용자의 이용효과를 높이기 위한 계층별 정보활용의 체계화를 위한 방안을 제시하였다.

조선업의 CIM 시스템은ダイ나미한 시스템이 되어야 하며 상품화된 시스템이 아니라 만드는 시스템이 되어야 한다. 또한, 조선업의 CIM 시스템은 단시일 내에 이룩할 수 있는 것이 아니라 수년간 꾸준한 추진과정과 절차를 밟아야 한다.

본 연구에서는 프로덕트 모델과 이 개념에 기초한 관리정보의 계층별 정보활용의 체계화를 위한 방안을 개념적인 차원에서 제시하였지만, 이것은 단계적인 개발과정을 통하여 구체화될 수 있다. 특히, 계층별 정보활용의 체계화는 궁극적으로 기업의 관리조직의 재구성을 수반할 수 있으므로 매우 신중한 접근방법이 강구되어야 한다.

조선업의 CIM 시스템을 위하여 지금까지 제시한 몇가지의 내용은 앞으로 본 연구의 연장선상에서 모델개발로 부터 확대 적용까지의 과정이 필요하며, 이것은 정보시스템의 통합화를 통한 CIM의 완성과 궁극적으로 휴먼 CIM을 이룩하는 것이라고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] K. Ando and A. Takeshige, "An Approach to Computer Integrated Production System", INT. J. Production Research, Vol. 26, No. 3, 1988, pp. 333-350.
- [2] 한국기계연구소, 선박건조 자동관리 시스템 개발, 1989.
- [3] A. Y. Odabasi, "Information System Models-as a Tool for Shipyard Planning and Control", J. of Ship Production, Vol. 6, No. 4, Nov. 1990, pp. 219-231.
- [4] T. Koyama, "THE ROLE OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING FOR THE FUTURE SHIP BUILDING", Proceedings of 4th International Marine System Design Conference, 1991.
- [5] 이 순요, 중소기업의 정보화 시범연구, 고려대학교 정보통신기술 공동연구소, 1992.
- [6] K. Kikuchi, "A Proposal for the Next-Generation Ship Building Systems", Proceedings of 4th International Marine System Design Conference, 1991.
- [7] Juergen Wollert, "Modeling for Ship Design and Production", J. of Ship Production, Vol. 8, No. 1, Feb. 1992, pp. 48-58.
- [8] Yu-Shin Hong, "A Survey on the Application of Expert System and Artificial Intelligence in Production Planning", Journal of Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 16, No. 1, June, 1990, pp 124-135.