

컴퓨터통합제조시스템을 위한 수명주기 모형*

이대주**

A Life Cycle Model for Computer Integrated Manufacturing Systems*

Dae Joo Lee**

Abstract

In this paper, we propose a 7-phase life cycle model which applies to Computer Integrated Manufacturing systems. The model emphasizes product design and manufacturing design activities of CIM to secure the critical success factors of CIM systems such as high quality, adaptability, productivity, and flexibility. It is argued that the product design aspect would be divided into three phases-conceptual design, embodiment design, and detailed design. The conceptual design phase is to build a conceptual model of the product based on requirements and specifications which reflect "the voice of the customer." The embodiment design phase utilizes specific design tools such as DFM, CAE, and CAD, and results in a concrete model of the product and parts. The detailed design phase is to create a working prototype of the product and design tools such as DFA, CAD, and CAM are employed in this phase. The output of the product design activity is to be the input for the manufacturing design activity. Using the proposed model, one can effectively and efficiently manufacture a high-quality, low-cost product with short delivery time, and above all achieve customer's satisfaction.

* 본 연구는 1995년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음.

** 계명대학교 공과대학 산업공학과

1. 서 론

제품에 대한 소비자의 요구가 다양해지는 동시에 제품의 수명주기가 짧아져 가는 등 시장 요구의 급격한 변화에 따라 최근 제조업 분야에서는 품질경영, 제조전략, 생산기술이 가장 중요한 과제로 부상되면서[24] 고품질, 다품종 소량 생산체제로 바뀌어가고 있다[1]. 따라서 소품종 대량생산 시스템의 효율성을 유지하면서 동시에 다양한 제품을 생산할 수 있는 유연성을 가진 컴퓨터통합제조시스템(Computer Integrated Manufacturing System : CIM System)의 필요성이 절실하게 되었다[21]. 이는 궁극적으로 컴퓨터를 이용하여 제조와 관련된 제반 활동들을 자동화하는 동시에 이에 필요한 정보를 실시간으로 저장 및 이용 가능하도록 하여 전체적인 하드웨어 시스템을 통합하는 능력을 가지도록 하는 것이다.

이러한 컴퓨터통합제조시스템을 통하여 새로운 시스템(또는 제품 또는 서비스)을 수요자(고객)의 기호를 만족시키면서, 보다 저렴한 가격으로, 보다 빠른 시간 내에 공급하기 위해서는 수요자의 요구를 파악하는 단계로부터 시작하여 최종적으로 제품이 출하되어 수요자의 손에 들어가서 폐기되는 시점까지 전체적인 시스템이 효과적으로, 그리고 통합적으로 관리되어야 하며 이를 위한 체계적인 방법론이 적용되어야 한다.

특히 컴퓨터통합제조시스템의 경우 시스템을 구성하는 요소들이 매우 다양하며 이들 간의 정보의 흐름이 시스템의 성취도에 매우 큰 영향을 미치기 때문에 정보의 흐름과 시스템의 각 요소를 효과적으로 제어하기 위하여 시스템의 개발방법론적인 면에서 수명주기(life cycle)

모형의 정립이 매우 중요하다. 기존의 CIM과 관련된 문헌들에서 수명주기 모형의 개념과 유사한 제안들이 있으나 이들은 시간적인 차원의 단계와 논리적인 차원의 단계들을 무분별하게 조합한 것들이 대부분이어서 CIM 시스템을 위한 수명주기 모형으로서 부적절하다.

기존의 수명주기 모형들은 주로 소프트웨어의 개발에 초점을 맞춘 것이거나 전통적인 제조업 분야에 적용 가능한 모형들로서 컴퓨터통합제조시스템에 적용하기에는 미흡하다. 특히 고객의 요구를 만족시키면서 원가를 절감하고, 주문기간을 단축하면서, 고품질의 제품을 창출하기에는 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 컴퓨터통합제조시스템의 특성을 고려한 설계와 관련된 단계들을 설정하고 이를 포함하는 컴퓨터통합제조시스템을 위한 수명주기 모형을 제시하고자 한다.

2. 제품개발을 위한 수명-주기 모형

고객의 요구에 맞는 고품질의 제품을 낮은 가격으로 가능한 한 빠른 기간에 공급할 수 있기 위해서는 고객의 요구조건을 파악하는 단계로부터 제품생산이 완료되는 시점까지 설계, 개발, 생산 및 사후보전 등이 시스템공학적 측면에서 효율적이고 종합적으로 관리되어야 한다. 따라서 컴퓨터통합제조시스템을 구성하고 있는 요소들이 각각의 기능을 효과적이고 효율적으로 발휘할 수 있기 위해서는 전체적인 일정계획 및 관리, 제품설계, 공정설계, 품질보증 등에 대한 적절한 지침이 반드시 수립되어야 하며 이러한 시스템 관리기술(management

technology)의 근간이 되는 것이 수명주기 모형이다. 그러므로 수명주기(life cycle)는 하나의 시스템(제품 또는 서비스)을 개발하기 위하여 수요자의 요구에 따른 시스템 구상을 하는 단계로부터 시작하여 그 시스템의 수명이 다하여 사용이 중단될 때까지의 기간으로 정의할 수 있으며 시스템에 대한 개념 정립과정에서부터 유지 및 보전을 위한 과정까지 관리의 범위가 된다.

수명주기 모형의 개념은 1960년대에 처음으로 Hall[16]에 의하여 제시되었으며 이를 적용하는 모형의 개발은 소프트웨어의 개발분야에서 다루어지기 시작하였다. 그 이후 1970년대에 들어서면서 공공부문 또는 민간부문의 대형사업의 입안, 계획 및 집행과정에서 발생하는 제반 문제들을 해결하고 사업의 효과적이고 효율적인 수행을 위한 방법론으로서 수명주기모형의 중요성이 인식되었고 이에 따라 시스템공학적인 측면에서 몇 가지 수명주기 모형의 원형들이 제시되었다.

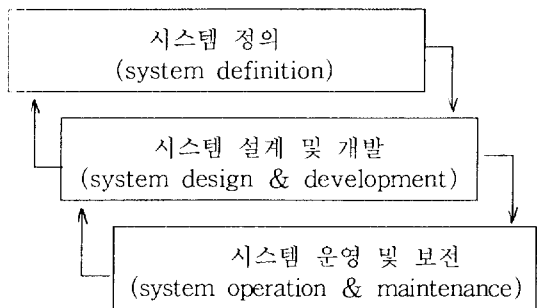
일반적인 제조시스템에 적용 가능한 수명주기 모형들은 논리적 차원의 문제해결 단계와 함께 시간적인 차원으로서 수명주기를 언급한 Hall의 모형[17]과 아울러 다양한 모형들이 있다[5, 13, 14, 27, 28]. 또한 International Data Corporation에서 제시한 5단계 모형과 Computer Science Corporation에서 제시한 7단계 모형(Digital System Development Methodology), 그리고 American Management System에서 제시한 7단계 모형 등은 비제조업 분야에서 사용 가능한 모형들이다[11, 15, 28]. 특히 AMS에서 제시한 모형[15]은 “design-first”의 개념을 적용하여 구체적인 하부시스템의 정의에 앞서서 먼저 설계에 착수하는 것이 바람직하다고 주장하였다. 소프트웨어공학 분야

에서는 1970년에 Royce가 소프트웨어 개발을 위한 수명주기 모형을 제시하였으며[26], 이후 다양한 형태의 모형들이 제시되었다[3, 4, 6, 7].

시스템공학적인 측면에서 정의된 수명주기 모형들은 제조시스템과 밀접한 관련이 있으며 주로 제품개발을 위한 것으로서, 새로운 제품을 창출하고자 할 때 제조시스템에 따라 그 특성을 반영할 수 있는 수명주기 모형을 정립할 필요가 있다. 왜냐 하면 제품개발을 위한 문제의 정의, 설계 및 개발, 생산기술 활동, 품질보증 활동, 유지보전 활동 등은 각 제조시스템의 특성에 따라 기능적인 선후관계를 가지면서 상호 밀접한 연관성을 가지고 있기 때문이다.

특히 제조시스템의 경우 효과적인 제조전략을 위한 수명주기 모형의 설정은 생산기술이 효율성에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 최종제품의 품질을 보장하는 품질경영의 밑거름이 된다는 점에서 매우 중요하다. 따라서 고품질의 성공적인 제품을 창출하기 위해서는 제조시스템의 특성을 구체적으로 반영할 수 있도록 모형을 정립하여야 한다.

수명주기 모형의 기본적인 형태는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 시스템 정의(system definition), 시스템 설계 및 개발(system design & development), 시스템 운영 및 보전(system operation & maintenance)의 3 단계로



<그림 1> 기본적인 수명주기 모형

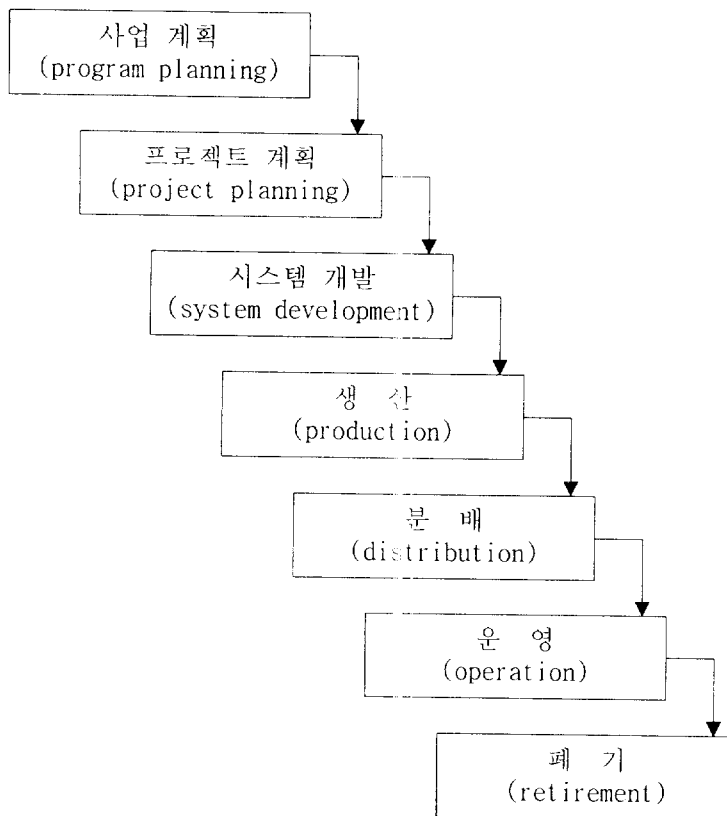
구성된다[28].

시스템 정의 단계에서는 소비자 또는 고객이 원하는 바를 파악하고 이를 실현하기 위한 구체적인 목표를 설정한다. 시스템 설계 및 개발 단계에서는 시스템 정의 단계에서 설정한 목표를 달성하기 위한 개념적인 설계 및 공학적인 설계 단계를 거쳐 구체적인 시스템의 원형을 만들어낸다. 마지막으로, 시스템 운영 및 보전 단계에서는 시스템을 실체적으로 구축하고 이를 분배(필요한 경우), 운영, 유지 및 보전, 폐기 등에 관련된 제반 활동들을 수행한다.

기존의 수명주기 모형 가운데 제조업에서 일반적으로 사용되어 왔던 모형은 <그림 2>[17]에서 보는 바와 같이 7단계의 과정을 가지고

있다. 이 모형을 기본적인 모형(<그림 1>)과 비교하면 사업 계획(program planning), 프로젝트 계획(project planning)은 시스템 정의 단계에 속하며, 시스템 개발(system development), 생산(production)은 시스템 설계 및 개발 단계에, 그리고 분배(distribution), 운영(operation), 폐기(retirement)는 시스템 운영 및 보전 단계에 속한다.

이 수명주기 모형은 전통적인 기능적 조직(line organization)의 형태를 취하는 제조업에서 주로 사용되어 온 것으로서 제조업에서의 주된 관심사가 설계보다는 공정관리(process control)에 있어왔기 때문에 시스템개발의 단계에 대한 단계가 단순히 설정되어 있다. 따라서

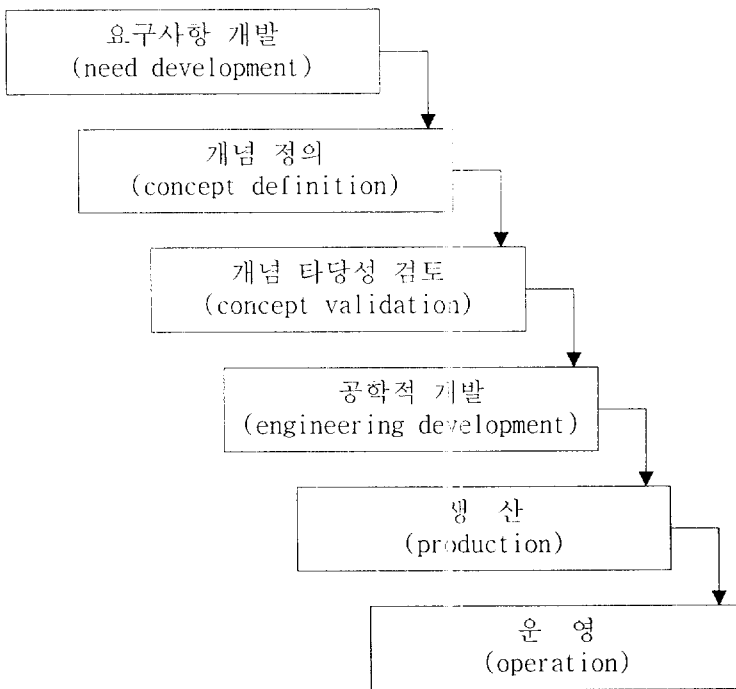


<그림 2> Hall이 제안한 수명주기 모형

이 모형은 CIM 시스템의 결정적 성공요소[2]인 고품질, 적응성, 생산성, 및 유연성을 확보하기 위한 설계 단계의 구체성을 결여하고 있어서 CIM 시스템을 위한 수명주기 모형으로서는 불충분하다.

Eisner가 제안한 수명주기 모형(〈그림 3〉 참조)은 Hall의 모형과 비교할 때 제품의 설계 단계에 더 많은 관심을 기울이고 있으며 이 가

운데 개념 정의, 개념 타당성 검토 및 공학적 개발 단계가 가장 중요한 과정으로 취급되고 있다. 그러나 이 모형에서 개념 타당성 검토 단계는 일반적으로 Audits, Reviews 등에 의하여 점검되며 개념 정의 단계에서 논리적 차원(문제의 정식화, 분석 및 해석)의 한 과정이다. 따라서 이 모형도 CIM 시스템을 위한 수명주기 모형으로서는 불충분하다.



〈그림 3〉 Eisner가 제안한 수명주기 모형

이상의 고찰로부터 기존의 수명주기 모형들은 CIM 시스템에서의 제품설계, 공정설계, 이를 지원하기 위한 설계의사결정지원시스템, 품질보증 및 관리 등의 특성을 반영하기에 부족하다. 따라서 CIM 시스템의 구축을 위한 새로운 수명주기 모형의 필요성 및 기존 모형의 미비점을 감안하여 다음절에서는 CIM 시스템을 구축하는데 필요한 개념적 영역모형을 제시하

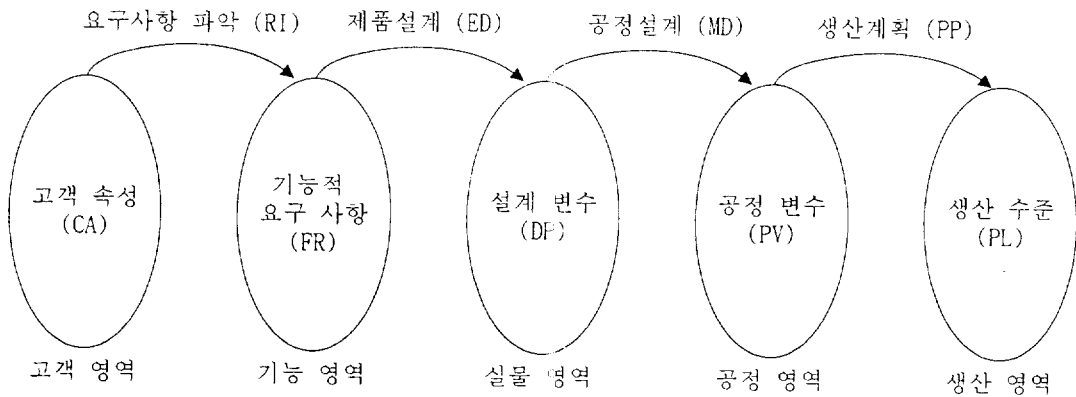
였다. 그리고 그 다음절에서는 설계와 관련된 단계들에 보다 중점을 가지는 CIM 시스템을 위한 수명주기 모형을 제시하였다.

3. 개념적 영역모형의 설정

CIM을 이용하여 제품개발을 효과적으로 수

행하기 위해서는 CIM의 특성을 고려하여 체계적인 개발방법론과 아울러 개념적인 의사결정의 흐름을 먼저 파악하여야 한다. 이를 위해서는 먼저 제품에 대한 소비자의 요구로부터 최종적인 제품의 생산, 분배 및 보전에 이르는 전체적인 흐름을 각 영역(domain)으로 정의하여 이들 간의 상호관계를 체계적으로 파악하여

야 한다[31, 32, 34]. 영역모형(domain model)을 정의함에 있어서 설계에 관련된 영역은 Suh가 제시한 axiomatic design theory[32] 및 Vallhagen이 제시한 모형[34]을 바탕으로 보다 확장된 영역모형을 <그림 4>와 같이 정의하였다.



<그림 4> CIM을 위한 영역모형

첫째 영역은 소비자의 요구사항과 관련된 고객영역(customer domain)이다. 고객영역은 제품에 대하여 소비자가 원하는 바를 표현하기 위한 영역으로서 주로 소비자가 사용하는 언어를 사용하여 이를 속성치로 나타낸다. 다음으로, 제품의 특성을 나타내 주는 기능영역(functional domain)은 고객영역의 고객속성을 실제적인 차원에서 해석하여 표현한 것으로서 제품에 대한 공학적/과학적인 속성치로 표현된다. 이 영역에서는 고객영역과는 다르게 제품의 기능적인 특성을 제품의 공학적인 설계개념으로 파악하는 것이다. 셋째로는, 제품설계에 필요한 공학적인 속성을 각 부품 또는 구성요소에 대한 구체적인 도면 또는 사양의 형태로 나타내는 실물영역(physical domain)이다. 이

어서, 제조에 필요한 특성을 나타내는 공정영역(process domain), 생산을 위한 생산영역(production domain) 등이 존재한다. 단 여기서 제품의 분배와 보전에 관해서는 별도의 영역을 정의할 수도 있으나 이는 주된 관심의 대상이 아니므로 제외하였다.

각 영역의 특성을 반영하는 속성치(attributes)는 고객영역에서는 고객속성(CA : Customer Attributes), 기능영역에서는 기능적 요구사항(FR : Functional Requirements), 실물영역에서는 설계변수(DP : Design Parameters), 공정영역에서는 공정변수(PV : Process Variables), 생산영역에서는 생산수준(PL : Production Levels) 등으로 정의되며 이들은 각 해당영역의 결과인 동시에 다음 영역의

입력이 된다. 이 속성치들은 그 영역에 따라서 표현되는 언어가 상이하므로 각 영역의 담당자 (또는 이해당사자)들 간에 원활한 의사소통이 매우 중요하다. 앞서 언급한 일반적인 수명주기 모형(〈그림 1〉)과 영역모형을 중복시키면 시스템정의 단계는 고객영역과 기능영역을 포함하며, 제품설계 및 개발 단계는 실물영역과 공정영역을 포함하고, 시스템 운영 및 보전 단계는 생산영역 및 보전을 포함하고 있다.

이제 위에서 정의한 각 영역 및 속성치간의 관계를 살펴보면 고객영역에서 기능영역으로의 변환은 고객의 품질요구를 제품의 특성으로 변환하는 것으로서 요구사항 파악(RI : Requirements Identification)이라 할 수 있다. 이를 효과적으로 수행하기 위한 방법으로는 품질기능 전개(QFD : Quality Function Deployment)를 들 수 있다. 기능영역에서 실물영역으로의 변환과 실물영역에서 공정영역으로의 변환은 CIM 시스템의 핵심적인 부분으로 주로 설계와 관련된 분야이다. 즉, 이 변환들은 각각 제품설계(ED : Engineering Design)와 공정설계(MD : Manufacturing Design)에 해당되는 것으로서 이들을 효과적으로 수행하는 것이 CIM의 성공과 직결된다고 할 수 있다.

다음으로, 공정영역에서 생산영역으로의 변환은 공정변수를 근거로 하여 구체적인 생산계획을 수립하는 것이다. 이를 통하여 주어진 계획기간 또는 주문기간을 고려하여 최적의 생산수준을 결정한다. 이렇게 결정된 생산수준을 근거로 생산활동 및 분배, 유지 보전 등의 활동이 이루어진다.

이상에서 고찰한 바와 같이 시스템의 설계 단계는 크게 제품설계 및 공정설계의 2 부분으로 구성되어 있고 이들은 기능영역, 실물영역, 공정영역들 간의 활동이다. 따라서 CIM 시스템에서 제품개발을 효과적으로 수행하기 위해서는 이 설계 단계들, 즉, 영역간의 변환, 을 정밀하게 나타내는 수명주기 모형을 정립하여야 한다. 이를 위하여 다음절에서는 CIM 시스템을 위한 새로운 수명주기 모형을 제시하고 각 단계에서 수행되는 주요한 업무에 관하여 상술하고자 한다.

4. 컴퓨터통합제조시스템을 위한 수명주기 모형

현재 다품종 소량생산인 대부분의 제조환경에서 가장 심각한 문제는 소비자의 요구를 정확히 반영하지 못함으로써 소비자의 만족도를 충족시키지 못한다는 점과 설계단계에서 충분한 검토의 미비로 인하여 생산단계에 도달한 이후에도 빈번한 재설계(제품설계 그리고/또는 공정설계)를 함으로써 시간과 비용의 낭비를 초래한다는 점이다. 이와 같은 문제점들은 주로 설계단계를 과소평가 하거나 설계단계에서 필요한 정보들이 효율적으로 제공되지 못하기 때문이다. 컴퓨터통합제조시스템(CIM system)은 이와 같은 문제점들을 극복하기 위한 바람직한 대안이 될 것이다.

CIM 시스템¹⁾은 종래의 제조환경과는 달리

1) Vail[33]의 주장에 의하면 "CIM이 system 또는 하위시스템들의 grouping으로 잘못 인식되고 있다. 따라서 CIM system이라는 말은 잘못된 것이며 CIM system은 본질적으로 존재하는 것이 아니다. 다만 CIM의 요소를 가지는 시스템이 존재하는 것이다." 저자는 Vail의 주장에 반대하는 것은 아니나 본 논문에서는 'CIM 시스템'이라는 용어를 CIM의 요소를 가지는 시스템의 의미로서 사용하고자 한다.

제품의 개념설정에서부터 설계 및 개발, 생산, 운영 및 보전에 이르는 모든 단계에서 일어나는 의사결정과 이에 필요한 자료들을 컴퓨터를 이용하여 유기적이고 통합적으로 처리하는 시스템²⁾이다. 즉, CIM 시스템은 생산요소를 결합하여 완제품을 생산하는 '자재의 흐름'과, '자재의 흐름'이 효과적이고 효율적으로 수행될 수 있도록 하는 '정보의 흐름'을 포함하고 있으며[5], 이를 기능적인 관점에서 보면 전 절에서 정의한 바와 같이 고객포착, 제품설계, 제조설계, 생산계획 등의 활동을 포함하고 있다. 따라서 CIM 시스템은 이와 같은 활동들을 통하여 소비자의 요구를 설계에 정확히 반영함과 아울러 추후에 발생할지도 모르는 재설계의 가능성을 가능한 한 제거함으로써 CIM의 성공요소[2]인 고품질, 적응성, 생산성 및 유연성을 확보할 수 있다.

CIM 시스템을 위한 수명주기 모형은 이상과 같은 CIM의 특성을 반영하기 위하여 수명주기의 초기에 필요한 핵심적인 의사결정들이 합리적이고 체계적으로 이루어질 수 있도록 하여야 한다. 즉, CIM을 위한 수명주기에서 가장 중요한 단계는 CIM 시스템의 특성상 소비자의 요구사항에 따른 사양을 결정하는 단계와 제품 및 공정설계 단계이다. 효과적이고 효율적인 CIM 시스템을 구축하기 위해서는 이들간의 상호관계가 결정적인 영향을 미친다. 특히 제품설계 단계는 다양한 소비자의 요구 및 이에 따른 사양에 관한 정보와 이를 실제적으로 제조

공정에서 생산이 가능하도록 하는 연결고리의 역할을 하고 있어서 가장 중요한 단계이다.

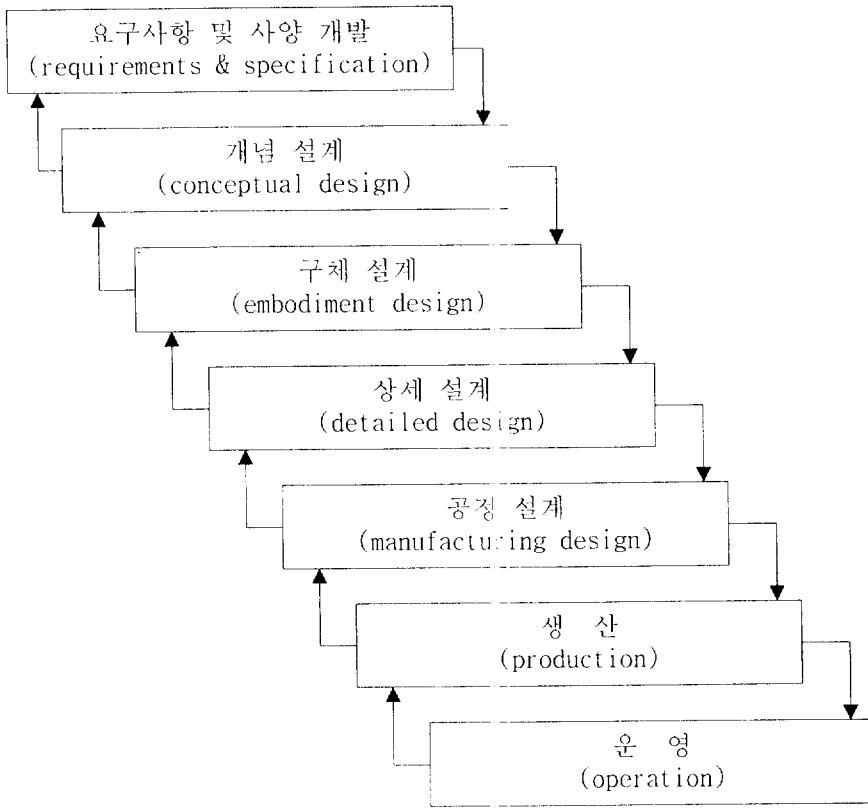
그럼에도 불구하고 앞에서 언급한 일반적인 수명주기 모형들 또는 CIM과 관련된 문헌들에서는 제품설계와 관련된 단계들이 2개의 단계로 정의되어 있다[5³⁾, 17, 25, 28]. 따라서 본 논문에서는 제품설계 단계를 세분화하여 3개의 단계로 나누고 이들을 포함하는 7 단계의 새로운 수명주기 모형을 CIM 시스템의 수명주기 모형으로 제시하고(〈그림 5〉 참조) 제품설계에 관련된 단계들에 대해서 자세히 고찰하고자 한다.

4.1 요구사항 및 사양 개발 단계

〈그림 5〉에서 제시된 수명주기 모형은 모두 7 단계로 구성되어 있으며 가장 첫 번째 단계는 요구사항 및 사양 개발(Requirements and Specification) 단계이다. 이 단계에서는 먼저 사용자(또는 소비자)의 요구사항을 명확히 파악하고 이를 달성하기 위한 목적 및 목표를 명확히 설정하여야 한다. 다음으로 주어진 목표들을 달성하기 위하여 제품을 구성하는 요소들을 기능적으로 분할하고 각 요소가 구체적으로 어떤 기능을 수행하는지를 계량적으로 나타내는 기능적인 요구사항(functional requirements)들을 정의한다. 이어서 요구사항들을 만족시키는데 필요한 기능적인 사양(functional specification)을 결정한다.

2) CIM은 넓게는 "제조업의 기본적인 기능인 기술, 생산 및 판매를 모두 통합시켜서 업무를 효율화시키고 전략적인 경영을 가능하게 하는 시스템"[1]으로 정의하기도 하나 본 논문에서는 초점을 제품설계 및 공정설계와 관련된 영역에 한정하였다.

3) 정&최[5]는 "제품설계 흐름의 개략도"(p.32)에서 제품설계의 단계를 '개념설계(기본계획) → 기능설계 → 기본설계 → 상세설계'의 4 단계로 묘사하고 있으나 본 논문에서 의미하는 제품설계에 해당되는 단계는 '기본설계 → 상세설계'의 2 단계이다.



〈그림 5〉 CIM 시스템을 위한 수명주기 모형

이상에서 언급한 과정들은 소비자의 요구사항이 정확하게 사양에 반영될 수 있도록 feed-back loop를 통하여 소비자와 설계담당자 간에 충분한 협의가 이루어져야 한다. 이를 위해서 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment)[10, 18] 등의 체계적인 방법들을 이용하여 소비자의 품질요구(voice of the customer)를 제품의 특성으로 변환하고 이를 달성하기 위한 목표치를 설정한다⁴⁾. 이는 전 절에서 제시한 영역모형에서 고객영역의 고객속성을 기능영역의 기능적 요구사항으로 변환하는 요구

사항 파악의 과정이라 할 수 있다.

일단 기능적인 사양이 결정되면 이를 만족시키기 위한 제품설계 단계로 넘어가며 제품설계 단계는 개념설계, 구체설계, 상세설계 단계로 세분화된다. 제품설계 단계는 영역모형에서 기능영역의 기능적 요구사항을 실물영역의 설계 변수로 변환하는 과정이라 할 수 있다.

4.2 개념설계 단계

개념설계(Conceptual Design) 단계에서는 전

4) Jacquet et. al은 CIM 시스템의 경우 이 단계를 다시 3개의 기능적인 단계-service functions, operational functions, technical functions-로 세분화했다[19, 20].

단계에서 결정된 기능적인 사양을 충족하기 위하여 제품기능분석(product function analysis)을 통하여 공학적인 측면과 고객의 측면을 모두 고려하여 제품의 기능을 구체적으로 정의한다. 즉, 제품설계를 위한 원칙을 결정한다. 다음으로 제품의 기능분석을 바탕으로 제품의 다양한 개념적인 원형들을 열거하고, 이들을 의사결정과정(정식화, 분석, 해석)에 따라 충분히 검토하여 가장 우수한 개념설계 대안을 선정한다. 이 과정에서는 가치분석 등의 기법을 이용하여 비용-효과의 극대화를 이룰 수 있는 대안을 찾는다. 그러나 개별 부품의 비용-효과를 합하는 것이 아님에 유의하여야 한다.

개념설계 단계에서는 궁극적으로 제품의 원형을 만드는 것이다. 즉, 이 단계에서는 제품설계의 마지막 단계인 상세설계 단계의 결과인 설계변수(Design Parameters)를 찾아내기 위한 최적화 작업을 수행하는 것이며 이 단계부터 공정설계를 담당하는 부서와 지속적인 협의를 필요로 한다. 따라서 이 단계부터 동시공학[29, 30]의 개념을 적용하여야 한다.

동시에 개념설계 단계에서는 시스템 개발의 차원에서 요구사항에 부합하는 기능적인 사양을 만족시킬 수 있는 기술력을 확보하고 있는지의 여부도 면밀히 검토되어야 한다. 왜냐 하면 CIM시스템이 대상으로 하는 제품들은 기존 제품의 개량 또는 신제품의 제작 여부에 관계 없이 대부분 기술혁신을 필요로 하기 때문에 기술력의 확보 여부는 추후의 구체설계 및 상세설계에 미치는 영향이 지대하기 때문이다. 개념설계 단계의 결과는 다음 단계인 구체설계

의 입력이 된다.

4.3 구체설계 단계

구체설계(Embodiment Design) 단계에서는 제품을 구성하는 요소들을 파악하고 이것들이 모여서 하나가 되었을 때 전체적으로 기능적 요구사항을 만족할 것인지에 대한 자세한 검토가 이루어져야 한다. 즉, 제품을 이루는 부품들을 설계하기 위한 원칙을 설정한다. 이 원칙에 따라서 개념설계의 결과로 나오는 제품의 원형을 만들기 위하여, 제품을 구성하는 다양한 부품들을 효과적으로 제조하기 위한 다양한 방법 및 대안들을 창출하고 이들을 충분히 검토하여 가장 우수한 구체설계 대안을 선정한다.

이 단계에서도 개념설계 단계와 마찬가지로 공정설계 담당자와 지속적인 협의를 통하여 각 부품의 구체적인 형태, 사용되는 재료, 제조공정 등을 결정하여야 한다. 이를 위해서는 논리적 차원의 의사결정과정(정식화, 분석, 해석)에서 CIM 시스템의 특성을 이용하여 CIM의 요소[22,23]인 CAE(Computer Aided Engineering), CAD(Computer Aided Design) 등을 결합하여 최적의 대안을 찾을 수 있다.

또한 이 단계에서는 제조지향설계(DFM : Design For Manufacture)[12] 및 탁월성지향설계(Design For Excellence)⁵⁾[9] 등의 기법을 적용함으로써 가능한 한 부품의 수를 줄이고, 표준화된 부품의 사용을 추구함과 동시에 다기능, 다목적의 부품들을 설계함으로써 모듈화된 설계의 개념을 도입하여 생산공정에서 조립작

5) Bralla는 최근 탁월성지향설계(DFX : Design For Excellence)의 개념을 제시하였다. 이 용어는 1989년에 AT&T Bell Laboratories에서 처음으로 사용하였으며 "제품을 설계함에 있어서 수명주기비용을 최소화하는 동시에 제품의 모든 바람직한 특성들-고품질, 신뢰성, 안전, 고객편의성, 환경친화성, 단납기-을 최대화하도록 하는 지식베이스형 접근방법이다." [Bralla] DFX는 실제로는 구체설계 단계에서만 적용되기보다는 제품설계 및 공정설계상의 모든 단계에서 적용되는 기법이라 할 수 있다.

업을 최대한 줄이고 물류를 억제할 수 있다. 특히 최근에 개발되고 있는 컴퓨터지원제조지향설계(Computer Aided DFM : CADFM)의 기법을 CAD와 결합하여 보다 더 CIM 시스템에 적합한 구체설계를 이룰 수 있을 것이다.

이 단계의 결과는 검토 및 감사 (reviews & audits), 하자형태 및 영향분석(FMEA : Failure Mode and Effects Analysis), CAT (Computer Aided Testing) 등의 feedback을 통하여 전 단계인 개념설계 단계의 결과를 만족하는지에 대하여 검토(system verification) 되어야 한다. 구체설계 단계의 결과는 다음으로 상세설계 단계의 입력이 된다.

4.4 상세설계 단계

상세설계(Detailed Design) 단계에서는 구체설계의 결과를 바탕으로 부품 또는 제품을 생산하는데 필요한 상세한 도면과 상세한 제품의 사양을 이끌어 낸다. 따라서 먼저 부품들에 대한 상세도면을 설계하기 위한 원칙을 설정하고, 이 원칙에 따라서 구체설계의 결과로 나오는 부품의 원형을 만족시키기 위한 다양한 방법 및 대안들을 창출하고 이들을 충분히 검토하여 가장 우수한 상세설계 대안을 선정한다. 이는 영역모형에서 실물영역의 설계변수를 결정하는 것이다. 이 결과를 바탕으로 제품의 원형(working prototype)을 만들어낸다.

이 단계는 특히 다음 단계인 공정설계 단계와 밀접한 관련이 있다. 즉, 상세설계의 결과인 실물영역의 설계변수들은 공정영역의 공정변수를 찾기 위한 공정설계 단계의 입력자료가 된다. 그러나 설계변수 자체가 항상 유일하게 결정되는 것은 아니며 공정영역의 공정변수와 상관관계에 있으므로 제품설계 단계에서는 공정

영역의 제약조건에 따라서 설계변수를 조정할 필요가 있다. 따라서 제품설계 단계는 반복적인 특성을 지니고 있다.

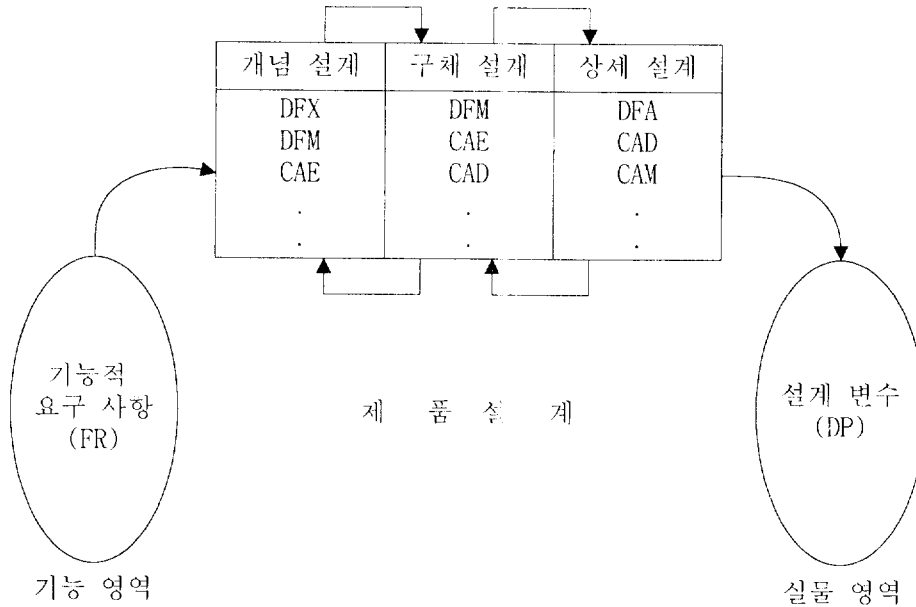
이 단계에서는 CIM의 요소인 CAD, CAM 등과 함께 제조지향설계, 조립지향설계(DFA : Design For Assembly)[8] 등의 기법을 이용하여 가공 및 조립공정의 설계와 실제 생산 단계에서 효율성을 극대화할 수 있는 최적의 상세도면 및 사양을 찾아야 한다. 이 단계의 결과는 구체설계 단계에서 언급한 검토 및 감사, 하자형태 및 영향분석 등의 피드백을 통하여 구체설계 단계의 결과를 만족하는지를 검토(system verification)하여야 한다. 상세설계 단계의 결과는 시제품화(prototyping)를 통하여 요구사항 및 사양과 시장의 반응 등의 검토(system validation)를 거친 후 다음 단계인 공정설계 단계로 넘어가게 된다.

다음의 단계들은 공정설계, 생산, 운영 단계들이다. 공정설계(Manufacturing Design) 단계에서는 제품설계의 결과인 설계변수를 바탕으로 부품 또는 제품을 생산하기 위한 공정계획을 수립하고 이를 공정변수로서 나타낸다. 이 단계에서는 CIM의 요소인 CAPP(Computer Aided Process Planning)와 조립지향설계 등을 결합하여 최적의 공정변수를 찾을 수 있을 것이다. 생산 및 운영 단계에 관해서는 본 논문에서 다루는 CIM 시스템의 고려사항이 일반적인 제조시스템과 큰 차이가 없으므로 논의를 생략하기로 한다.

본 논문에서 제시한 수명주기 모형에서 고찰한 바와 같이 결국 CIM 시스템에서 설계의 단계는 크게 제품설계와 공정설계의 두 부분으로 이루어지며 제품설계의 단계에서는 요구사항 및 사양으로부터 3개의 단계들을 거치면서 다양한 설계기법 및 CIM의 도구들을 이용하여

최종적으로는 제품을 구성하는 각 부품의 형상에 대한 상세한 설계도면과 아울러 공정설계에 필요한 각종 자료를 제공한다. 제품설계와 관

련된 단계들에서 사용되는 설계기법 및 CIM의 도구들과 전 절의 기능영역 및 실물영역을 함께 <그림 6>에 제시하였다.



<그림 6> 제품설계 단계와 영역모형과의 관계

5. 결 론

본 연구는 고객만족경영을 조직의 목표로 하여 이를 뒷받침하는 혁신적인 제조전략 및 생산기술을 추구하는 현대의 기업에서, 고객의 요구에 부응하는 고품질의 제품을 낮은 가격으로 가능한 한 빠른 기간에 공급하기 위한 제조시스템으로서 현재 다양한 제조업 분야에서 개발 및 도입을 검토하고 있는 컴퓨터통합제조시스템에 적합한 개념적 영역모형을 제시하였고 시스템공학적인 방법론을 이용하여 컴퓨터통합제조시스템을 위한 새로운 수명주기 모형을 제시하였다.

새로운 수명주기 모형은 기존의 모형에서 단 순하게 취급하였던 설계에 관련된 단계들을 개

념설계, 구체설계 및 상세설계의 단계들로 세분화하고 각 단계에서 수행되는 제반활동 및 이에 필요한 기술적인 방법들에 관하여 언급하였다. 또한 각 단계에서 사용 가능한 컴퓨터 지원 도구들(CAE, CAD, CAM, CAT 등)과 단계들간에 유기적이고 통합적인 정보의 흐름을 설계에 활용하기 위한 기법들(QFD, DFM, DFA, DFX 등)을 이용하여 CIM의 특성을 최대한 활용할 수 있는 근거를 제시하였다.

이를 통하여 제품설계(product design), 공정설계(process design), 품질보증 및 경영(quality assurance and management), 사후보전(maintenance) 등의 모든 영역에서 고객의 요구조건이 충분히 반영되고 각종의 국제규격, 예를 들면 ISO 9000 시리즈 등, 을 만족하는

고품질이며 신뢰도가 높고 사후보전이 용이한 제품을 가능한 한 최단기간에 생산이 가능하도록 하여 시장지분의 확보를 보장할 수 있게 될 것이다. 또한 본 연구에서 제시된 모형과 논리적인 차원의 문제해결과정을 결합하여 컴퓨터 통합제조시스템의 실행에 소요되는 조직의 구조를 보다 합리적으로 구성하여 조직효율을 극대화할 수 있는 근거를 확보할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 강석호, 최인수, 「자동생산시스템의 분석과 설계」, 영지문화사, 1993.
- [2] 이석주, 「기업생존을 위한 새로운 패러다임 CIM」, 도서출판 기술, 1994.
- [3] 이준석, 박진원, “고속병렬 컴퓨터 개발을 위한 개발 방법론,” 「'94 대한산업공학회 추계학술대회 논문집」, Vol.1(1994), pp. 249-256.
- [4] 이준석, 박진원, “주전산기 개발을 위한 계층적 라이프사이클 모델,” 「'95 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집」, Vol.1(1995), pp.376-381.
- [5] 정태형, 최후곤(역), 「CIM총론 : 컴퓨터 지원 설계 생산 관리」, 창현출판사, 1995.
- [6] Boehm, B. W., “Software engineering,” *IEEE Transactions on Computers*, Vol.25, No.12(1976), pp.1126-1141.
- [7] Boehm, B. W., “A spiral model of software development and enhancement,” *IEEE Computer*, Vol.21, No.5 (1988), pp.61-72.
- [8] Boothroyd, G and P. Dewhurst, *Product Design For Assembly*, Boothroyd Dewhurst, Inc., Wakefield, RI, 1989.
- [9] Bralla, J. G., *Design For Excellence*, McGraw-Hill, New York, 1996.
- [10] Cohen, L., *Quality Function Deployment : How to Make QFD Work for You*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1995.
- [11] Computer Science Corporation, *Systems Integration-The Process*, Corporate Brochure, 1990.
- [12] Corbett, J., M. Dooner, J. Meleka, and C. Pym, *Design For Manufacture*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1991.
- [13] Eisner, H., *Computer Aided Systems Engineering*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988.
- [14] Ertas, A. and J. C. Jones, *The Engineering Design Process*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
- [15] Forman, F. L. and M. S. Hess, “Strategies for developing successful information systems,” *American Management Systems, Special Topics Report*, 1989.
- [16] Hall, A. D., “Three dimensional morphology of systems engineering,” *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, Vol.SSC5, No.2 (1969), pp.156-160.
- [17] Hall, A. D., *Metasystems Methodology : A New Synthesis and Unification*, Pergamon Press, N. Y., 1989.
- [18] Houser, J. R. and D. Clausing, “The

- house of quality," *Harvard Business Review*, May-June 1988, pp.63-73.
- [19] Jacquet, L, Y. Sallez, and R. Soenen, "Toward a specification procedure of operational functions for an automated system," Proceedings of the 1995 *IEEE International Conference on Systems, Man, Cybernetics*, Vol.5 (1995), pp.4480-4485.
- [20] Jacquet, L, Y. Sallez, and R. Soenen, "Towards a new specification method for an automated system," in *Life Cycle Modelling for Innovative Products and Processes*, edited by Krause, F.-L. and H. Jansen, Chapman & Hall, London, UK(1996), pp.116-127.
- [21] Jaikumar, R., "200 years to CIM," *IEEE Spectrum*, Vol.30, No.9(1993), pp.26-27.
- [22] Kusiak, A., *Intelligent Manufacturing Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1990.
- [23] Kusiak, A. and S. S. Heragu, "Computer integrated manufacturing : A structural perspective," *IEEE Network*, Vol.2, No.3(1988), pp.14-22.
- [24] Malhotra, M. K., D. C. Steele, and V. Grover, "Important Strategic and tactical manufacturing issues in the 1990s," *Decision Sciences*, Vol.25, No. 2(1994), pp.189-214.
- [25] Pugh, S, *Total Design : Integrated Methods for Successful Product Engineering*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1990.
- [26] Royce, W. W., "Managing the development of large software systems : concepts and techniques," Proceedings of WESCON, 1970, pp.1-70.
- [27] Sage, A. P., "Systems engineering and information technology : Catalysts for total quality in industry and education," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 22, No.5(1992), pp.833-864.
- [28] Sage, A. P., *Systems Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1992.
- [29] Schmidt, R. F. and M. Schmidt (Eds.), *Computer Aided Concurrent Integral Design*, Springer, Berlin, 1996.
- [30] Shina, S. G. (ed.), *Successful Implementation of Concurrent Engineering Products and Processes*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1994.
- [31] Sohlenius, G., "Concurrent engineering," *Annals of CIRP*, Vol.41, No.2 (1992), pp.645-655.
- [32] Suh, Nam. P., *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York, 1990.
- [33] Vail, P. S., *Computer Integrated Manufacturing*, PWS-KENT, Boston, Mass., 1988.
- [34] Vallhagen, J., "Industrial methods for product and process development-a case study," in *Life Cycle Modelling for Innovative Products and Processes*, edited by Krause, F.-L. and H.

Jansen, Chapman & Hall, London,
UK(1996), pp. 475-486.