

# Concurrent Engineering 하에서 항공기 기술종합 원형모델 (Prototyping Model) 설계 및 응용

신 경 수\* · 조 돈 회\* · 김 천 영\*

## The Prototyping Model Design and Application of Aircraft System Integration under Concurrent Engineering

Kyung Soo Shin · Don Hee Cho · Cheon Young Kim

### 1. 서론

신제품의 개발기간을 줄이기 위해서는 제품을 개발할 때 각 공정별로 필요한 기간을 단축하는 것이 해결책이며 CAD, CAM, CIM 등은 이러한 목적을 위해 개발되어왔다. 1960년대 후반부터 컴퓨터를 이용한 항공기 설계 자동화가 추진되어 미국의 항공기 제작회사들은 새로운 항공기 개발 프로젝트시 개념설계, 기본설계, 세부설계의 최적화 문제를 해결하는 수단으로 주어진 제약 조건하에서 최적설계를 하기 위한 설계의 자동화를 구현하는 CAD/CAM 및 NASTRAN등을 이용한 설계 프로그램을 개발하였다.

일반적으로 항공기는 수qor만개의 부품으로 구성되는 종합체로써, 각 부품을 설계하는 경우 각각의 담당부서에서 생성되는 자료들이 상호 공유되지 못하고 독립적으로 작업이 진행되어 최종 조립시 비효율적인 문제점이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해서 선진 항공사들은 모든 부품들을 3차원 CAD 환경에서 설계 및 정보를 공유하는 시스템을 개발하여 적용하고 있다. 즉 Boeing사, GD사, MD사등 항공사에서는, 데이터베이스 관리를 통한 컴퓨터 Mock-Up, Digitalized 정비 교범 및 설계부터 가공 공정을 거쳐 조립 라인까지의 체계기술을 종합 관리하는 항공기 설계기술이 적용 및 추진되고 있다. Boeing사는 CATIA 시스템을 이용하여 모든 부품을 3 차원상에서 설계 및 Pre-

Assembly 하는 DPA(Digital Pre-Assembly)를 개발하여, 각 부품들이 배포되기전에 여러분야의 엔지니어가 공동으로 참여하여 부품 설계, 가공성 검토, Tool 의 설계 및 간섭의 제거등을 수행하게 된다 [1]. 또한 GD 사 에서도 COMOK(Computer Mock-Up) 이라는 항공사 고유의 프로그램을 개발하여 이용하고 있으며, 개발중인 항공기에는 전체를 통합하는 동시다발적 엔지니어링(Concurrent Engineering)을 위한 설계, 가공 및 조립공정을 데이터베이스화 하는데 많은 예산을 투자하여 비용대 효과를 최대한으로 늘리기 위하여 총력을 기울이는 실정이다.

이를위하여 본 논문에서는 동시다발적 엔지니어링(Concurrent Engineering) 개념을 도입하여 작업분류 구조(Work Breakdown Structure)의 통합 체계시스템으로 부터 내부형상 배열설계와 이를 위한 기본사양의 정립, 항공기 안정성의 중요한 요소인 무게중심의 추산, 총조립을 위한 Planning 및 일정관리, 치공구 설계등을 담당하는 기술종합 업무를 보다 효율적으로 관리하기 위하여 자료의 CAD/CAM화, 데이터베이스화 하는 소프트웨어 시스템을 구현하는 항공기 기술 종합을 위한 원형모델 (Prototyping Model) 연구에 관하여 기술한다.

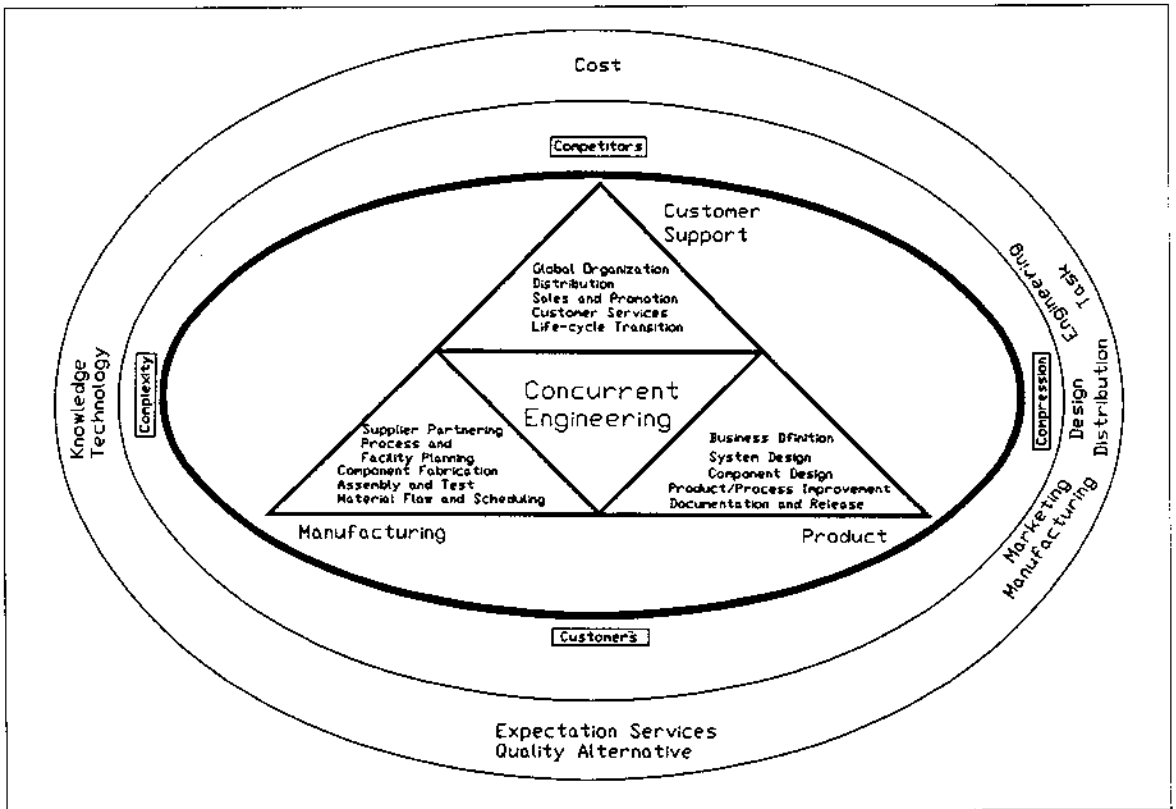
\* 국방과학연구소

## 2. 동시다발적 엔지니어링(Concurrent Engineering)

급변하는 시장환경에서 누구보다도 빨리 제품을 설계, 제작하여 적기에 시장에 내놓는 것은 이제 기업의 성패를 가름하는 절대적인 사안이다. 그러나 다양한 고객들의 요구와 급변하는 기술발전을 정확히 포착하면서 다른 업체들 보다 빨리 제품을 시장에 내놓는 것은 그리 쉬운일이 아니다. 이러한 문제의 해결책으로 1980년대 말에 등장한 개념이 동시다발적 엔지니어링(CE : Concurrent Engineering) 이다[2].

동시다발적 엔지니어링 이란 제품 및 그에 관련된 여러 공정인 제조 및 지원부품등을 동시적이고 병행적으로 설계하기위한 계통적 접근방법으로 정의한다. 이 접근 방법의 목적은 개발자에게 발안부터 폐기에 이르기 까지의 제품의 전 라이프사이클에 포함된 모

든 요소들인 품목, 코스트, 스케줄 및 사용자의 필요 조건등을 처음부터 고려하도록 요구되는 엔지니어링 개념이다[2, 3]. 이러한 내용을 포함하여 CE를 도입하는 각 기업에서는 공정과 환경에 따라서 독자적으로 정의를 내리고 있는데 이를 한마디로 정의하면 "일정집단이 보유하고 있는 기획, 디자인, 엔지니어링 설계, 테스트, 생산기술, 제조분야 전반의 최고 전문가가 마치 한사람인것 처럼 하나의 유기체로서 그 집단의 모든 제품을 개발하는 환경" 이라고 할 수 있다. 이러한 동시공학 엔지니어링의 필요성을 4가지로 분류해 보면 Compression, Complexity, Customers, Competitors로 나눌수 있다(그림 1). 시간단축(Time Compression)은 마케팅, 설계, 엔지니어링, 제조 및 분업된 일의 시간을 줄여야 하는 요구가 발생하고, 제품의 복잡성(Complexity)은 복잡한 설계, 엔지니어링 지식 및 Technology가 기업이 경쟁력을 가지기 위해서 발생되



(그림 1) 동시다발적 엔지니어링의 구조 및 환경

며, 구매자(Customers)들은 좀더 다양하고 새로운 기대감에 제품과 서비스를 받을 수 있는 품질보증을 받기를 요구하며, 국내외의 경쟁자(Competitors)들이 가격을 인하함으로써 많은 압력을 받게된다. 따라서 이러한 요소들에 의해서 전체를 조절하는데 어려움을 가지게 된다. 즉, 빠르게만 주장하는 것보다 간편성(Simplification), 병렬진행(Parallel Paths), 동시통신(Synchronous Communication), 중복일정(Overlapping Schedule)을 통해서 Re-engineering Work를 줄일 필요성을 갖게된다.

또한 동시공학 환경을 구축하기 위해서는 모든 집단내의 정보들이 공유되어지고 기획, 디자인, 엔지니어링 설계 등의 업무의 생산성을 높이기 위해서는 그 기업의 특성에 맞는 하드웨어(Hardware)와 소프트웨어(Software)의 개발이 필요하게 된다. 이러한 소프트웨어의 개발을 위하여 소프트웨어 공학이 등장 하였고, 그 전형적인 소프트웨어의 라이프사이클의 공정은 요구분석, 설계, 코딩, 테스트, 운용과 보수공정으로 요구분석 공정에서 철저하게 사용자의 요구사항이 분석되지 않고 다음 공정으로 넘어가게 되면 마지막 공정인 운용과 보수 공정에서 커다란 예러와 기능의 불일치를 발견하게 되어 다시 기능을 수정하기 위해서 요구분석 공정부터 다시 시작하게 되는 최악의 경우가 발생하여 개발 비용을 증가시키는 결과를 초래하게 될 것이다. 이런 기존의 개발 공정을 수정하기 위해서 대두된 것이 원형모델(Prototyping Model) 기술이다. 이 원형모델 기술은 초기단계에 사용자의 정확한 요구 사항을 파악하기 위하여 시제품 형태의 소프트웨어를 단시간에 제작하여 피드백을 통해 확정하고 개발을 진행함으로써 사용자의 만족도를 높이고 시스템의 신뢰도를 향상시키기 위한 것이다. 그리하여 결과적으로 안정된 목적 시스템을 개발할 수 있으며, 개발 비용도 절감할 수 있는 기술이다.

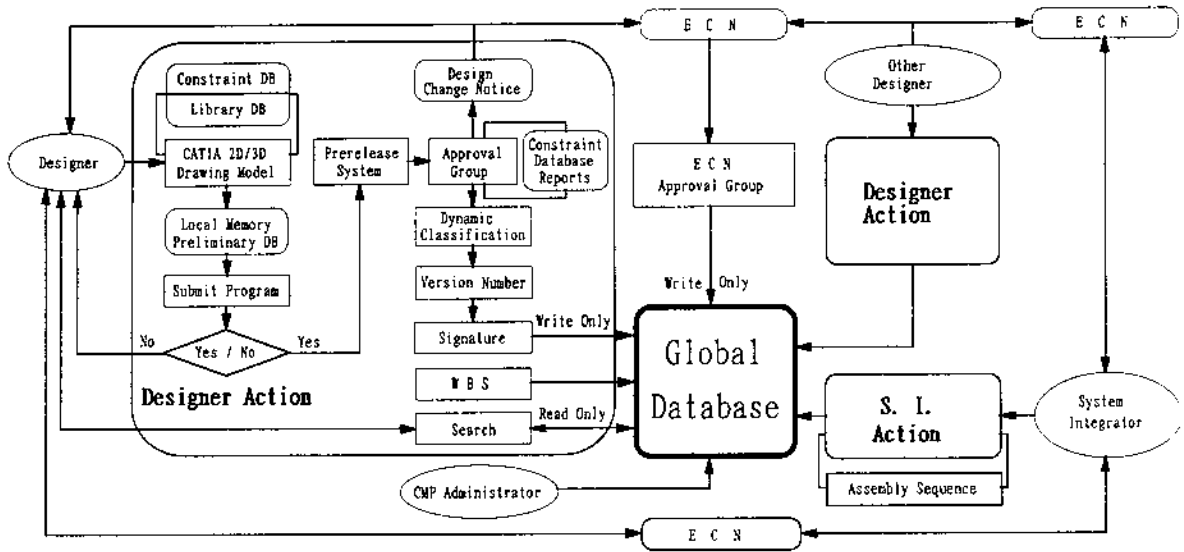
### 3. 원형 모델 시스템 (Prototyping Model System)

개발 하고자 하는 기술종합 원형모델은 항공기 도면 작성시 발생되는 많은 정보와 총조립을 위한 데이

타, 시스템간의 간섭, 종합군수지원(ILS)의 데이터, 내부배열 형상 및 조종실 설계등 많은 자료를 관리하기 위하여 구축한다. 또한 도면 및 WBS(Work Breakdown Structure) / SWBS(Shop Work Breakdown Structure) 관리, 부품 및 어셈블리 관리, Delivery Condition관리, Engineering BOM관리, Component Maintenance Manual 작성, Installation Drawing 및 IPC(Illustrated Parts Catalog)관리, Planning 및 Schedule관리, 무게 및 무게 중심, 시스템간의 간섭 및 조종실 Layout 설계, 하드웨어 표준화 및 단순화등의 분야에 소요되는 많은 인력을 절감하고자 필요 속성(Attribute)들을 CAD 환경과 데이터베이스에 연결하여 관리한다.

항공기 기술종합의 원형모델이 항공기 설계 및 제작에 하나의 Paradigm으로 제시된다(그림 2). 이 프로세스들은 기술종합을 위한 동시관리 시스템 모델링을 위한 Flow Diagram으로써 크게 사용자별로 구분하면, Designer, System Integrator, ECN Coordinator, DB Administrator, Approval Group으로 구분된다. Designer와 System Integrator는 Designer Action과 System Integrator(S.I.) Action으로 구분되며, 각 Action사이의 흐름은 동일하고 단지 속성 데이터의 내용만 달라진다. Action속에 있는 Approval Group은 고유의 기능을 갖는 동시에 Designer나 System Integrator의 업무를 관리 및 협조하는 구성원으로 분류된다. 데이터베이스는 Local과 Global로 구분하고 데이터의 신뢰도를 높이기위해 Read와 Write의 Path가 구분된다.

그림 2에서 보는바와 같이 Designer는 CATIA 2D/3D Drawing Model에서 설계작업을 수행하게 된다. 이때 설계자는 Knowledge Database로 기초된 Library DB와 Constraint DB를 이용하여 설계를 수행한다 [5]. 즉, 설계하고자 하는 정보가 데이터베이스에 축적이 되어 설계에 반영이 되는데 Library DB에는 Fastener류 및 Standard Part류의 정보가, Constraint DB에는 설계시 요구되는 제약조건들이 입력되어, 설계의 도움을 줄수 있도록 필요 정보가 Display되게 프로그래밍화 된다. 이 데이터들은 자신의 Local Memory의 Preliminary DB에 저장되며, 반복적이고 지속적으로 이용 가능하도록 자신의 모델을 자체적으로 저장한다. 설계자가 부품을 설계시 필요한 속성 데이터를



〈그림 2〉 항공기 원형모델(Prototyping Model)

입력하게 되는데 설계자가 부품도면을 완성하고 Submit를 시킬때 Submit Program은 필요속성 데이터의 누락을 점검하는 Check 기능을 갖는 알고리즘이 있어 확인과정을 거친다. 만약 Designer가 어느 한 가지의 속성 데이터를 입력시키지 않고 Submit를 했다면 프로그램은 Designer에게 속성정보의 누락을 통보하여 주고 Submit가 되지 않도록 프로그램된다. 이와같이 Designer마다 고유한 CATIA 2D/3D Drawing Model, Library DB, Constraint DB, Submit Program를 갖게 되는데 설계자마다 고유한 모델을 개발하고, 필요에 따라 타 설계자나 엔지니어와 공동의 데이터베이스를 갖게된다. 설계자가 Submit Program을 통과한 후에 도면과 그에 관련된 속성데이터는 Prerelease System에 도달된다. 이 상태에서는 설계자의 작업은 완료된 상태이고 Approval Group에서는 터미날은 작동시키지 않은 상태가된다. 이때에 Approval Group과 Designer 간에 계층구조(Hierarchy)를 User Identification을 이용하여 연결한다.

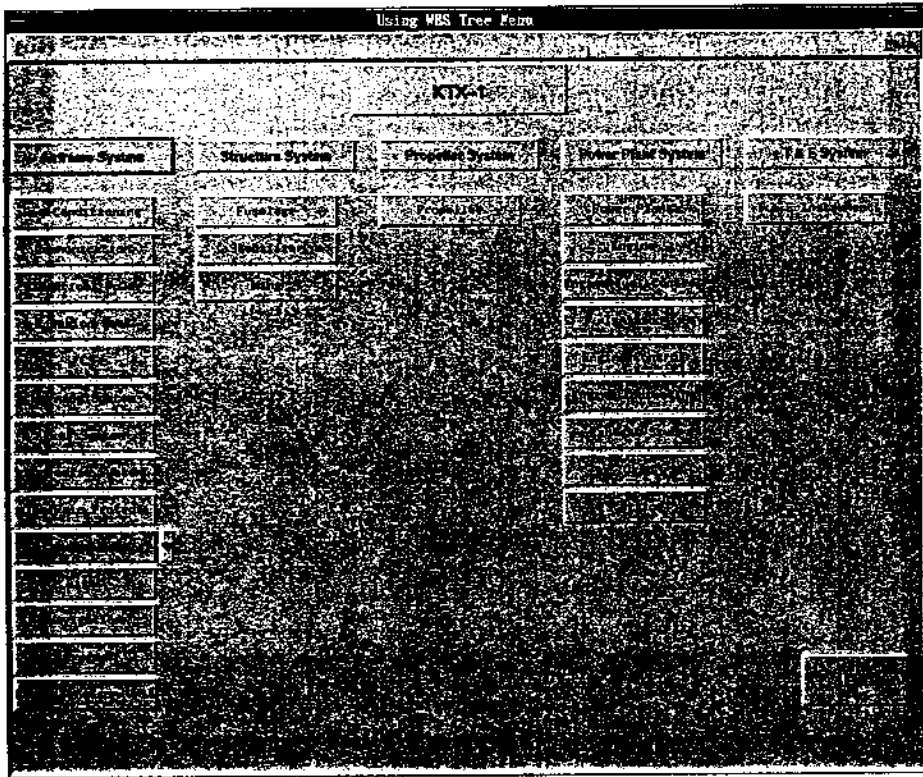
Approval Group은 Designer로 부터 받은 도면과 속성 데이터를 받아 검토를 하게 되는데, 이때 Designer가 Constraint DB의 수치(Values)들을 부득이 하게 변

경하고 설계를 진행한 경우는 Constraint Database Report에 저장되어 있다가 확인 과정시에 Approval Group에서 검토하면서 병행하여 Check하는 기능을 갖도록 요구되어진다.

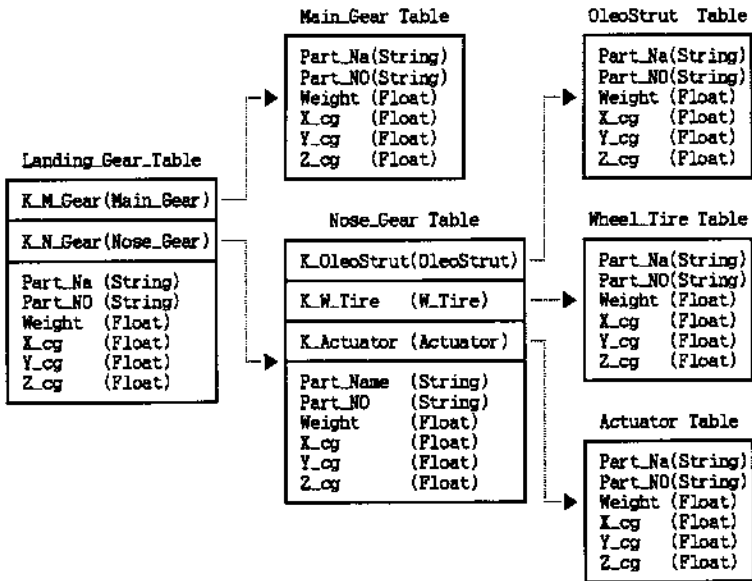
Approval Group에서 설계의 변경이 요구되어질때 Approval Group은 Design Change Notice를 발행하게 되며, 이때의 변경내용 및 도면에 관련된 데이터 모두가 메시지로 원 설계자에게 전달되어 재 설계를 하게되고 동일한 경로를 거쳐 자료가 전달되게 된다. 확인 과정시에 아무런 이상이 없는 것으로 판정후에는 Dynamic Classification으로 자료가 전달되어 데이터베이스의 Base Table에 저장되는데 이때 Global Database에 적합한 구조로 입력이 되어 타 Designer나 System Integrator가 SQL 문으로 검색 가능하도록 저장이 된다. 이때에 처음으로 Version Number가 자동적으로 Sequential Numbering을 갖게되고 Approval Group의 확인자의 Signature가 입력이 되며, Global Database에 입력이 될때에는 작업분류 구조(WBS : Work Break-down Structure)의 구조로 자동적으로 저장된다. Global Database에 저장된 데이터는 Search기능에 의해서 타 Designer나 System Integrator가 비로서 정보의 교

Level 1		Level 2		Level 3	
Aircraft System	0000				
		Air Vehicle	1000		
				Air Frame	1100
				Propulsion	1200
				Avionics	1300
				Fire Control System	1400
				Mission Equipment	1500
				T & E Instrument	1600
				Tooling	1700
		Training	2000		
				Training Equipment	2100
				Training Service	2200
		Percular SE	3000		
		System T & E	4000		
				Development Test	4100
				Oeperational Test	4200
				Mock-Up	4300
				T & E Ground	4400
		Sys/Proj MGMT	5000		
				System Engineering	5100
				Project Management	5200
		Data	6000		
				Tech. Publication	6100
				Engineering Data	6200
				Management Data	6300
				Support Data	6400
				Data Depository	6500
		Other Prog. Support	7000		
		Spare & Repair Parts	8000		

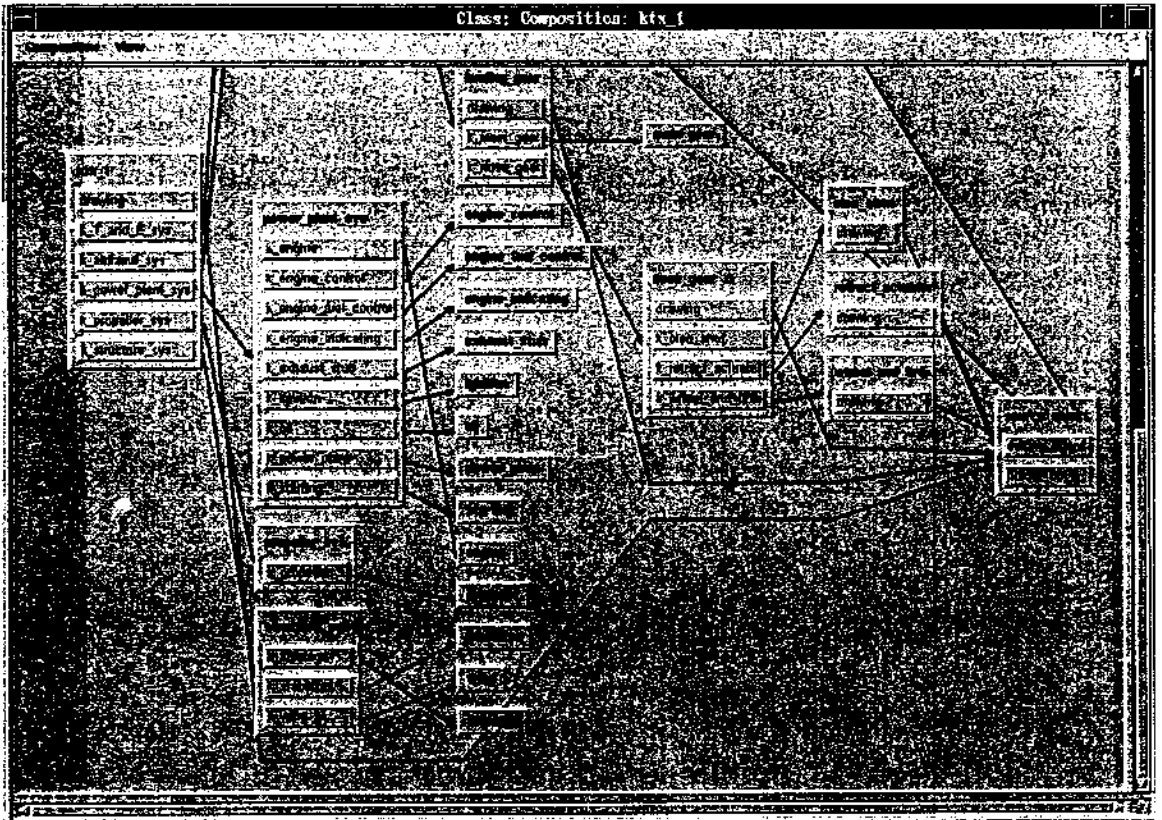
〈그림 3〉 WBS 분류체계



〈그림 4〉 구현된 항공기 WBS 분류체계



〈그림 5〉 Landing Gear의 Database Schema



〈그림 6〉 항공기 전체 Database Schema

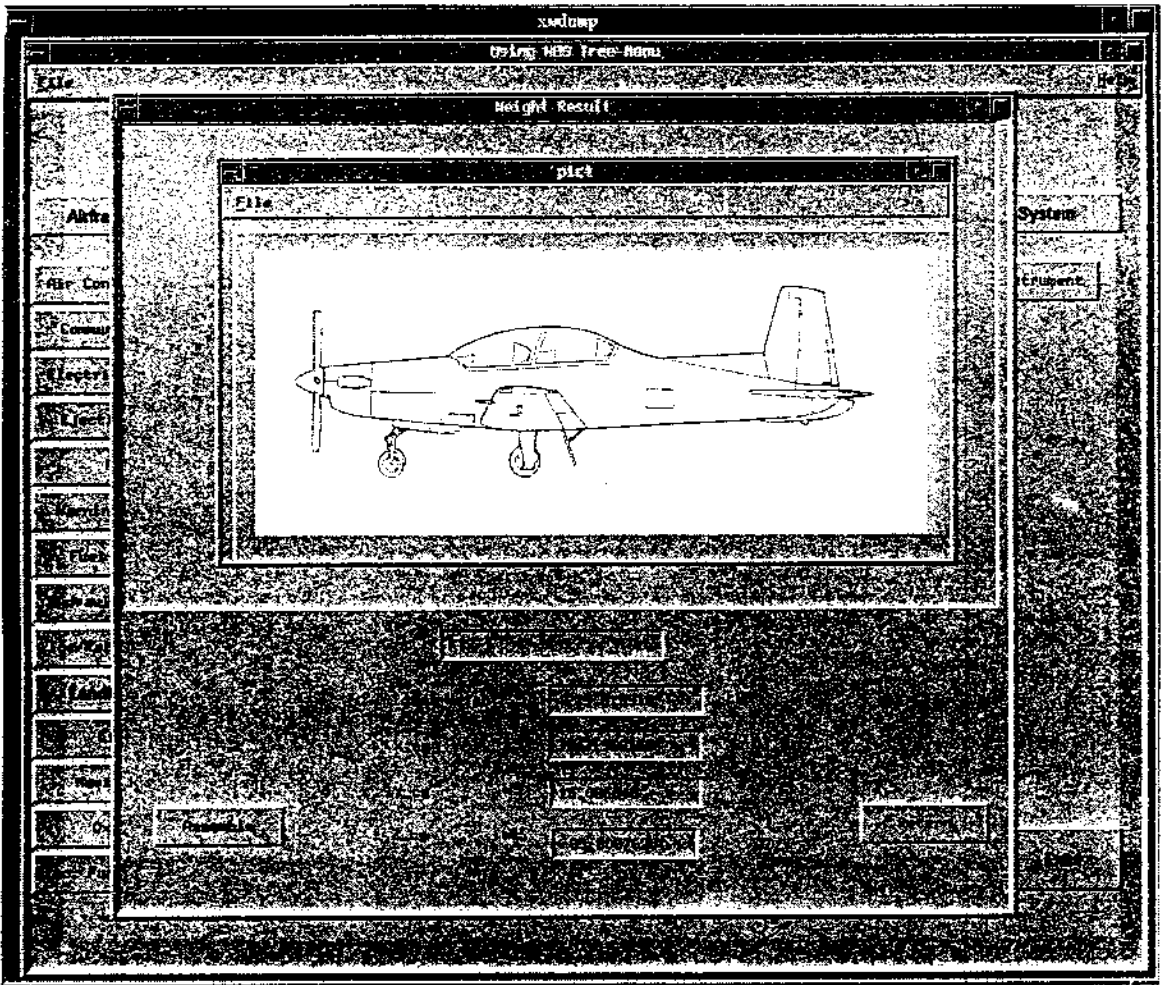
환이 가능하게된다.

설계의 변경이나, 각 담당자로부터 데이터의 변경이 필요한 경우에는 ECN을 통해서 변경이 가능하도록 되어있다. 이 경우는 데이터의 중복성을 피하고 신뢰도를 높이기 위하여 따로 ECN Coordinator가 존재하며 작업 성격상 Approval Group이 병행할 수도 있다. 이때는 Global Database에 저장된 데이터를 타 Designer나 System Integrator가 이용할 수 있으며 트랜잭션을 증지 가능토록 데이터의 중요도에 따라 Search기능을 이용하는 담당자에게 메시지로 통보할 수 있는 통신망이 구축되어야 하며, 변경된 데이터를 자동적으로 통보하여 주는 기능을 가지고 있어야 한다. 그리고 모든 데이터의 Tuning 및 관리를 위한 DB Administrator의 프로그램이 설계가 되어 있어야한다 [6].

#### 4. 동시공학을 적용한 중량관리의 구현

본 구현 시스템에서는 CE에서 정의된 계통적 접근 방식의 동시성과 병행성을 유발하기 위해서 그림 3에서 보는바와 같이 작업분류체계[7]를 이용하여 설계자가 필요한 도면번호체계, 생산기술자가 필요한 BOM(Bill of Material) 과 부품규격체계, 조립자가 필요한 작업의 위치 및 조립 순서체계(SWBS) 및 관리자가 필요한 일정관리 체계등이 접목되어있는 작업분류체계 코드로 부터 중량 및 C.G. 계산이 설계자로부터 입력된 자료가 3장에 제시된 원형모델의 Paradigm에 의거 산출되는 과정을 구현한다.

기존의 중량관리 업무는 각 설계실에서 입력되는 중량자료가 데이터베이스화 되지 못하여 중량 및 C. G. 계산의 반복과 각 설계실에서 중량 자료가 변경시



〈그림 7〉 항공기 총 중량계산

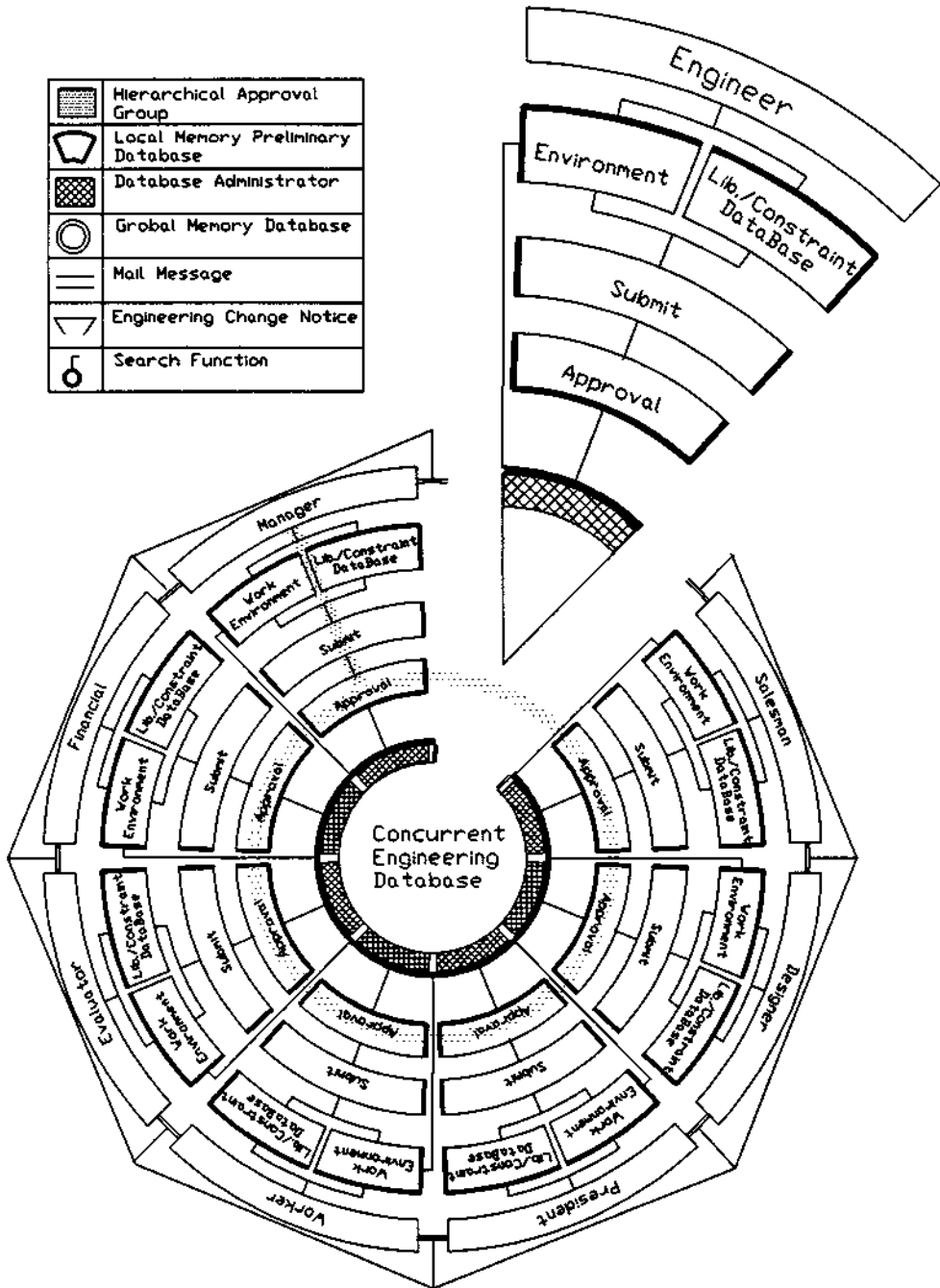
단순 반복적인 작업을 재 수행하는 악순환을 반복하였다. 이러한 비능률을 줄이고자 작업분류체계를 이용한 중량 관리 데이터 베이스 프로그램을 구현하여 동시 자료공유 및 효율적인 자료처리를 가능하게 하는 것이 중량 및 C.G. 관리 프로그램의 목적이다.

중량관리 데이터베이스 Table은 SQL(Structured Query Language)의 DDL(Data Definition Language)을 사용하여 필요한 속성(Attribute)과 Data Type이 선언되며, Data Type으로 Table을 재선언할수 있는 복합 계층구조(Composition Hierarchy) 데이터베이스를 이용한다 [8].

복합 계층구조 데이터베이스를 이용하여 항공기 분류체계(그림 4)에 따른 Landing Gear 계통의 Database Schema(그림 5)를 구현하는 과정은 최하위 Table을 먼저 정의하고 상위 Table을 정의하여 항공기 전체의 Schema(그림 6)를 완성 한다.

단품의 입력 데이터의 추가/수정은 SQL의 DML(Data Manipulation Language)의 Insert 문을 이용하며, 중량관리 프로그램은 WBS Tree 및 검색(Query)에 의해서 중량 및 무게중심을 계산한다. WBS Tree를 이용할때는 Part 및 Assembly Part의 계산이 가능하고, 검색에 의한 경우에는 Part Name 또는 Part Number





(그림 8) 원형모델 (Prototyping Model)의 모듈화 구조.

를 이용하여 검색/계산한다. 선택된 부품에 다른부품을 추가하는 Assembly Part에 대하여도 중량 및 무게 중심 계산이 가능하다. 제품의 실제 정보는 단품에만

저장되어 있으므로 각 단품의 정보를 Embedded SQL을 사용하여 종합계산하여, WBS에서 선택된 Sub-Assembly로 전달하여 필요정보를 표시한다 (그림 7).

또한, 기존의 관계형 데이터베이스의 응용프로그램에 해당하는 메쏘드를 이용하여 조립부품의 무게가 어느 일정 양보다 적은가를 계산한 후, 결과를 돌려주는 동적정보를 사용한다. 이 동적정보는 해당 조립부품 객체의 Component 집합에 속한 각각의 단위부품 객체에 무게를 계산하는 동적정보를 동작시키고 그 합을 되돌려주는 역할을 한다. 이와 같이 각기 일정 객체가 다른 객체에 신호를 주어 그 객체의 작동을 일으키는 것을 메시지 전달(Message passing) 이라고 하는데 이는 기계의 구조와 같이 한부분의 변화가 다른 분야에 연쇄적으로 영향을 미치는 현상을 표현한다. 따라서 이러한 정보 모델은 객체 지향적 모델관점에서 구성되었기 때문에 구현단계에서 사용될 DDL 로 일대일 전환된다.

이와같이 각각의 객체가 통합작업 분류체계(WBS)와 일대일 대응되어 전체관리로부터 종합군수지원의 LSN(Logistic Support Number)와 동일하게 쓰임으로써 효율성을 가지고 연결된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 동시다발적 엔지니어링의 개념과 이를 적용한 항공기 기술종합을 위한 원형모델을 제시하였다. 제시된 원형모델은 항공기 개발업무의 흐름에 따라 구성되었으며, 설계자로부터 시작되어 최종 등록되는 업무의 단계적 진행과 이때 적용되는 프로그램의 요구사항 및 기능을 포함하여 설계 하였다.

개발된 프로그램은 설계, 해석, 제조, 조립 및 시험 등의 모듈로 구성되어 모델링된 프로그램 모델에 추가하여 확장 할 수 있게 설계되었다(그림 8).

프로그램 개발시 코딩(Coding) 및 보수(Maintenance)의 막대한 비용을 절감 할 수 있도록 소프트웨어를 공유하여 재 이용율을 높일 수 있는 방법론 및 모델을 제시하였다. Local Memory 와 Global Memory 의 각 데이터베이스 간에 Server-Client 개념을 도입하여 자료를 공유케 함으로써 소프트웨어적으로 시스템의 Down Sizing을 가능하도록 원형 모델링을 하였다. 각 조직간의 구조는 동시 다발적으로 처리할수 있도록 평행 구조로 구현 함으로써 조직간의 계층(Hierar-

chy) 구조를 최소화하여 프로그램 성능을 향상 시켰다. 따라서 유사한 시스템을 설계하는 설계자 또는 엔지니어 간의 작업 환경은 동시설계 및 엔지니어링 작업이 가능하게 된다.

구현 프로그램에서는 모듈화된 프로그램 중의 한 분야인 중량 및 무게중심 관리 프로그램의 구현을 통하여 속성 정보의 데이터베이스 Table을 구성 하였다. Table의 구성은, Table의 속성을 다시 Table로 선언할 수 있는 객체 지향형(Object Oriented) 데이터베이스 개념인 복합 계층구조(Composition Hierarchy)로 설계하여, 자료 검색시 관계형 데이터베이스에서 발생하는 Join 연산 과정을 제거하여 데이터베이스 성능 향상을 입증하였다.

모듈화된 구현 프로그램은 IPC Diagram 모듈, Installation Drawing 모듈, Component Maintenance 모듈 등의 개발에 재 이용 가능하며, 향후 각 모듈이 개발 연결되어 기술종합관리 프로그램이 통합되면 새로운 개념으로써 기술종합 및 설계업무에 적용될 것이다.

## 【참고문헌】

- [1] *Digital Preassembly Operating Procedures*, Boeing Company, 1990. 10.
- [2] R. I. Winner, J. P. Pennell, H. E. Bertrand, and M. C. Shusarczuk, *The role of concurrent engineering in weapons system acquisition*, IDA Rep. R-338, Institute for Defense Analysis, Alexandria, VA, Dec. 1988.
- [3] L. Ken Keys, Ramesh Rao, and Kumar Balakrishnan, "Concurrent Engineering for Consumer, Industrial Products, and Government Systems", *IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, HYBRIDS, AND MANUFACTURING TECHNOLOGY*, VOL.15, NO. 3, pp. 282~286, JUNE 1992
- [4] D. R. Brown, M. R. Cutkosky, and J. M. Tenenbaum, "Next-Cut: A Computational Framework for Concurrent Engineering", *The Second International Symposium on Concurrent Engineer-*

ing, Morgantown, West Virginia, pp. 1 ~ 20, Feb. 7-9 1990

[5] David Serrano, *Constraint Management in Conceptual Design*, Massachusetts Institute Of Technology, Ph. D Thesis, October 1987

[6] 신 경수, 조 돈희, 김 천영, KTX-1 항공기 기술 종합의 원형모델에 관한 연구, ASDC-401-93529, 국방과학연구소, 1993. 8.

[7] 신 경수 외, KTX-1 항공기 설계지침서, ASDC-401-94056, 국방과학연구소, 1994. 1.

[8] James Daniell and S. W. Director, "An Object-Oriented Approach to CAD Tool Control Within a Design Framework", *26th ACM/IEEE Design Automation Conference*, pp. 197 ~ 202, 1989



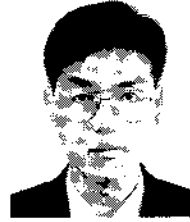
조 돈 희

1962년 9월 30일생

1986년 2월 인하대 항공공학과 졸업 (학사)

1989년 8월 인하대 대학원 항공공학과 졸업 (석사)

현 재 국방과학연구소, 항공기 기술 종합팀, 연구원



김 천 영

1967년 7월 7일생

1991년 2월 광운대 전자계산기공학과 졸업 (학사)

1993년 2월 광운대 대학원 전자계산기 공학과 졸업 (석사)

현 재 국방과학연구소 항공기 기술 종합팀, 연구원



신 경 수

1956년 4월 19일생

1978년 2월 한양대 기계공학과 졸업 (학사)

1984년 5월 Wayne State Univ. 기계공학과 졸업 (석사)

1989년 5월 Rensselaer Polytechnic Inst. 기계공학과 졸업 (박사)

현 재 국방과학연구소 항공기 기술 종합 팀장, 선임연구원