한국 CAD/CAM 학회 논문집
제 12권 제 3호 2007년 6월 pp. 209-219

학술논문

3D 설계 프로세스 정립을 통한 복잡한 시스템 설계에서의 공용부품 사용 극대화

최영운*, 박 강**

Maximizing Use of Common Parts in Complex System Design through Organizing 3D Design Process

Choi, Y. W.* and Park, K.**

ABSTRACT

Designing a complex system such as an LCD developing system becomes inefficient when many designers are involved and create their own parts even though they can be used repeatedly in other sections. Thus, this paper proposes a new design process that can maximize the number of common parts in complex system design by organizing the 3D design process. The proposed design process consists of 5 stages: analysis of design intention, definition of initial product structure, definition of skeleton model, sharing design intention with all assembles, control of correlation between components. The proposed design process can maximize common parts in design process, which results in shorter lead time, less production cost, and greater economic benefits.

Key words: Object, Information Flow, Assembly Structure, Key Design Parameter, Assembly Matrix, Skeleton, Information Level, Master Template, Standard Module, Standard Template

1. 서 론

오늘날 기업이 무한 글로벌 경쟁시장에서 성공하기 위해서는 제품에 대한 개발 기간 단축, 품질의 개선, 가격 경쟁을 통한 제품의 경쟁력 확보가 무엇보다 중요하게 되었다. 이에 설계와 가공 그리고 해석을 동시에 해결할 수 있는 3D CAD의 필요성이 대두되게 되었고, 현재 일선 산업체에서도 3D 모델러를 이용하여 복잡한 기계 시스템을 설계하기 시작하였다. 그러나 설계 소요 시간이 오래 걸리고, 작업자의 숙련도가 떨어지며, 데이터의 관리가 제대로 되지 않는 등의 문제가 발생하고 있다. 이로 인하여 비효율적인 설계가 이루어지고 있으며, 3D 설계 프로세스도 정착하지 못하고 있다.

본 논문에서 다루고 있는 "7세대 현상기"는 LCD 판넬을 생산하는 공정 중 유리 표면을 화학 처리하는 장비이다.

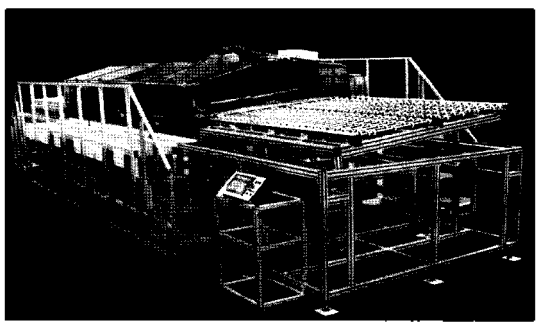


Fig. 1. TFT LCD 현상기.

Fig. 1과 같이 "7세대 현상기"는 길이가 30 m에 이르고 12개의 구역으로 나뉘어져서 설계작업을 동시에 수행해야 하는 복잡한 시스템이다.

이런 복잡한 시스템은 동시에 여러 설계자가 참가해서 설계를 진행해야 하므로 동일한 부품을 여러 설계자가 반복적으로 설계하는 경우가 많이 발생된다. 그로 인해 관리 데이터, 생산 단가, 제작 시간이 점차

*교신저자, 학생회원, 명지대학교 대학원
**종신회원, 명지대학교 기계공학부
- 논문투고일: 2006. 03. 27
- 심사완료일: 2007. 05. 29

적으로 증가하게 되고 결과적으로 경쟁력을 잃게 된다. 즉, 7세대 현상기와 같이 복잡한 시스템의 설계에서는 설계프로세스의 정립을 통한 효율적인 설계가 반드시 필요하다.

따라서 본 논문에서의 두 번째 목표는 설계 대상 시스템의 설계 의도를 분석한 후 공용부품에 대한 사전 조사를 통한 공용 부품의 사용을 극대화 방안을 제안하고자 한다.

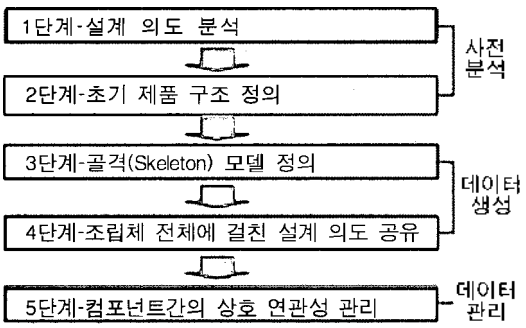


Fig. 2. 제안된 3D 설계 프로세스.

2. 설계 의도 분석

설계 의도 분석은 설계 방법론을 개발하는데 있어 가장 먼저 진행하는 단계이면서 가장 중요한 단계이다. 향후 설계 의도 분석의 결과에 따라 구체적으로 설계 방법론이 전개되게 된다.

설계 의도 분석 단계에서는 객체 정의, 정보 흐름 분석, 객체 정보 분석, 중요 설계 변수 분석을 진행하게 된다. 7세대 현상기 제품의 분석을 진행하면서 다음과 같은 정보를 집중적으로 찾게 된다[1].

가) **객체정의:** 제품을 이루고 있는 객체 대상과 필요한 정보 목록은 무엇인가?

나) **정보 흐름 분석:** 어떤 정보가 어떤 객체에 영향을 주는지?

다) **객체 정보 분석:** 설계적으로 변화가 많은 객체와 변화되지 않는 객체는 어떤 것인가?

설계 의도 분석들은 설계자로 하여금 제품을 보다 잘 이해하고 제품의 구조 또는 개별 부품의 상세 설계를 하는데 도움이 된다. 설계자는 이 정보들을 Pro/ENGINEER로 제품 구조를 정의하고 개별 부품에 필요한 상세 설계를 하는 데 이용할 수 있다.

2.1 객체 정의(Object Definition)

설계 의도 분석을 하기 위해서는 객체에 대한 정의를 우선적으로 진행해야 한다. 여기서 객체(Object)는 설계 구성 요소 중 최소 단위로 설계 초기 단계에서 3D 레이아웃을 구성하는 설계 요소들이다. 객체는 동일 기능과 역할을 수행하는 단일 부품일 수 있고, 부조립체일 수 있지만 단일 요소로 정보를 주고 받는 주체가 된다. 객체는 경우에 따라 정의 범위가 변경되기도 한다[2].

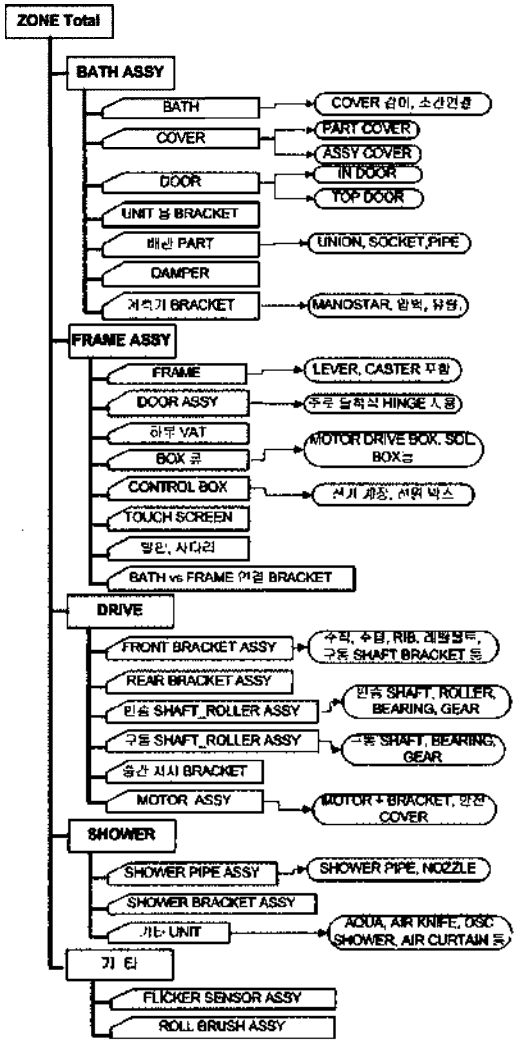


Fig. 3. 객체 구조.

예를 들어, 책상을 구성하는 객체에 대해서 알아 보자. 책상을 구성하는 여러 객체 중 서랍이 있다. 책상 전체적인 관점에서 레이아웃을 구성할 때는 서랍 전체를 마치 하나처럼 인식하고 서랍이 놓이는 위치와 수량을 고려하게 된다. 여기서 서랍 전체가 하나의 객체가 된다. 그러나 서랍을 설계를 할 경우에는 서랍을

구성하는 손잡이, 칸막이, 측면 레일 등 많은 설계적 요소인 객체로 나누어진다.

이와 같이 객체를 기능과 역할로 보다 세분화 해서 객체 구조를 만든다. 이 객체 구조를 OBS(Object breakdown structure)라고 한다.

현상기 제품의 OBS를 분석하면 Fig. 3과 같이 초기 객체 구조를 생성된다. 초기 객체 구조와 초기 제품 구조는 서로 다르지만 초기 객체 구조를 기반으로 정보 흐름 분석과 객체 정보 분석 정보를 이용해서 만들어진 것이 바로 초기 제품 구조이다.

2.2 정보 흐름 분석(Information Flow)

정보 흐름 분석은 객체간의 상관 관계를 정의한다. 하나의 객체를 만들기 위해 어떤 정보를 필요로 하고 그 정보는 어디에서 오고 있는지를 OBS에서 최하단 객체만 가지고 분석하게 된다.

정보 흐름 분석을 통해서 조립 순서와 객체간의 주종 관계를 결정하게 된다. 항상 정보를 주는 객체가 먼저 조립되어야 한다. 그 다음에 정보를 받는 객체가 조립되어야 앞에 조립된 객체 정보를 뒤에 조립 된 객체에서 이용할 수 있게 된다. 그러므로 정보의 흐름이 순차적으로 상위에서 하위로 흐르게 된다.

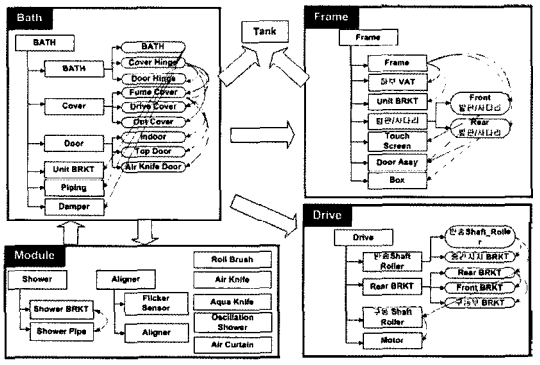


Fig. 4. 정보 흐름 분석.

만약 이 순서가 바뀌게 되면 상위에서 하위의 객체 정보를 이용하게 되고 다시 상위 객체 정보를 이용해서 하위 객체가 조립되고 생성하게 되므로 정보가 순환하게 된다. 이런 경우에는 정보가 원형을 그리면 반복적으로 참조하므로 CRC(Circular Reference) 에러가 발생되고 모든 부품에 변경을 전부 반영하려면 2~3번 재생성 해야 비로소 완벽하게 변경되게 된다.

Fig. 4의 정보 흐름 분석에서 보여 주고 있는 것과 같이 BATH부에서는 BATH 객체가 중심이 되어 모든 객체로 정보가 흘러가고 있다. 따라서 이 정보만 가지고 조립하게 되면 BATH부 조립체에 가장 먼저 BATH를 조립하고 그 다음은 어떤 객체를 조립을 해도 상관이 없게 된다.

DRIVE부에서는 반송 SHAFT ROLLER에서 정보가 중간 지지 BRACKET과 REAR BRACKET으로, REAR BRACKET에서 FRONT BRACKET, 구동부 BRACKET, 구동 SHAFT ROLLER로, 구동 SHAFT ROLLER에서 MOTOR로 정보가 흘러가고 있다. 따라서 DRIVE부를 조립할 때는 정보 흐름을 고려해서 가장 먼저 반송 SHAFT ROLLER를 조립하고 REAR BRACKET를 조립하고 구동 SHAFT ROLLER를 조립하고 MOTOR를 조립하여야 한다. 그리고 나머지는 정보 흐름을 고려해서 조립 순서를 결정하면 된다.

2.3 객체 정보 분석(Object Information)

객체 정보 분석은 각각의 객체의 활용성, 변화율, Class, 정보 흐름에 대해서 분석하게 된다.

객체 정보 분석을 통해 조립체 구조에 반드시 있어야 하는 객체와 경우에 따라 생략되는 객체, 그리고, 선택적으로 추가하는 객체를 분석할 수 있다. 여기서 경우에 따라 생략되는 객체와 선택적으로 추가하는 객체와의 차이는 설계를 할 경우 포함해야 할 범위로 선택적으로 추가하는 객체는 없어도 있는 것처럼 설계를 해야 한다. 나중에 언제든지 추가할 수 있기 때문이다.

2.3.1 활용성

활용성은 객체 또는 여러 개의 객체를 가지고 있는 상위 객체를 중심으로 전체 조립체에서 사용하고 있는 객체의 종류를 분석한다. 그러나 보다 정확한 값을 얻기 위해서는 조립체 매트릭스 분석을 해야 한다.

2.3.2 변화율

변화율이란 활용성을 보다 세분화하여 각각의 객체에 대한 형상 변화와 발생 빈도, 모델링하는 것을 말한다.

첫째, 기본형상을 분석한다. 기본 형상은 제품을 구성하는데 있어 형상은 변경될 수 있으나 반드시 있어야 하는 객체를 조사하게 된다. 기본 형상으로 조사가 되면 비교적 안정적인 객체이므로 조립체 구조 상 앞부분에서 조립하게 된다.

둘째, 형상 변경율을 분석한다. 형상 변경율이 높은 객체는 가급적 참조로 사용하지 말고 가능한 조립도 나중에 해야 한다. 자주 변경되므로 참조로 사용할 경우 변경이 발생될 때마다 참조한 객체들도 변경해야 한다.

셋째, 옵션을 분석한다. 옵션은 선택적으로 추가하는 객체로 옵션이 없는 제품을 설계를 할 경우도 마치 있는 것과 같이 옵션 객체를 고려해서 설계를 해야 한다.

넷째, 모델링 난이도를 분석한다. 모델링 난이도는 작업 시간에 비례하기 때문에 설계 시간이 어디에서 많이 발생하는지를 예측할 수 있어 일을 분산시킬 수 있다.

2.3.3 정보 흐름

정보 흐름은 객체를 설계할 때, 필요한 정보가 어디에서 입력되고 출력되는지를 분석한다. 객체를 실계를 할 때, 반드시 필요한 정보를 분석하고 그 정보가 어떤 객체에서 오는지를 객체 번호로 표시한다. 조립체 구조 분석에서의 정보 흐름은 2.2 정보 흐름 분석으로 대체될 수 있다.

2.4 중요 설계 변수 분석(Key Design Parameter)

제품을 설계하는데 있어서 필요한 정보들은 상당히 많다. 정보의 종류는 객체 모양에 관련된 형상 정보, 조립체에서의 객체의 위치에 관련된 조립 정보, 그리고 표현하기 어려운 각종 정보에 관련된 문서 정보 등이 있는데 이를 설계 변수라 한다. 그리고 설계 변수는 3차원 레이아웃을 구성하는 골격과 같다.

Key Parameters

		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
형상 정보	1	Glass Size (Base Line)	조간 연결 Type	Tank Outline	구동부 Center Layout
	2	Bath Section	Cover (속 내, 외부)		
	3	Bath-바닥면 Outline	Door (In, Out)		
	4	Frame-Section (+바닥면)	Module BRKT		
	5	Frame-바닥면 Outline	Drain Section		
	6	Drive-Roller Center 중심용 Datum	Bath Rib 위치		
	7	Drive-Outline(Roller Center 중심)			
	8	Drive-BRKT - Bath			
	9	Drive-구동 Motor BKRT Layout - Bath			
	10	Drive-중간 지지 - Bath			
	11	Bath 하부 Rib-Frame			
	12	Bath-frame 연결 구조			
조립 정보	1	Glass Center 중심으로 조립 (=기준값)	조간 연결	Caster & leveler 위치	Drive Set 조립 정보
	2		Cover (속 내, 외부)	하부 VAT	
	3		Door (In, Out)	천장 BOX 위치	
	4		Module BRKT	Touch Panel 위치	
	5		Exhaust 위치	Portable Box 위치	
	6			Sol, Motor Drive Box	
문서 정보	1	재질 (Bath, BRKT, Roller, Shaft, Frame)	Bath 두께	Caster & Stopper 유형	구동부 구동 방법
	2	Module의 구성표	Exhaust Type	Frame Section	Shaft Pitch & 지름
	3	구매품 목록(반송Bearing/Motor/Chain/Belt)	구동 Type (시바우라, 히나차, 디엔에스) - S,H,D		Roller Pitch & 지름

Fig. 5. 중요 설계 변수 분석.

중요 설계 변수 분석은 Fig. 5와 같이 가로 방향으로 정보 레벨로 최상위 레벨, BATH부 레벨, FRAME부 레벨, DRIVE부 레벨을 정렬한다. 그리고 세로 방향으로는 형상 정보, 조립 정보, 문서 정보를 정렬시킨다. 각 레벨에 따라 필요한 정보들을 분석하게 된다.

2.4.1 형상 정보

형상 정보는 3D 레이아웃을 생성하는데 있어 가장 기본이 되는 정보이다. 기본적으로 주문자가 요구하는 설계 사항을 포함하고 있다. 현상기가 놓이게 되는 공간 크기인 가로, 세로, 높이 정보와 이웃 공정과 연결하기 위한 정보로 Glass size, Glass Base Line 등이 주어진다. 또한 객체간의 공유해야 하는 형상 정보로 BATH부와 FRAME부의 연결 구조, BATH부와 DRIVE부의 형상 공유 정보, Door 안쪽과 바깥쪽 크기, TANK 외부 형상 정보 등이 있다.

2.4.2 조립 정보

모든 객체는 조립체에 위치시키기 위해 조립된다. 따라서 모든 객체는 전부 조립 정보를 필요하게 되지만 여기서 조립 정보를 분석하는 범위는 제품을 이루고 있는 중요 객체에 대한 조립 정보로 Glass Center를 중심으로 BATH부, FRAME부, DRIVE부가 조립되고 이 조립 정보는 각 BATH부, FRAME부, DRIVE부의 설계 중심이 된다.

2.4.3 문서 정보

문서 정보는 3D 레이아웃으로 직접 표현하기는 어려우나, 설계적으로 중요한 의미를 담고 있는 정보이다. 각 객체들의 재질, 두께 정보, 모듈 구성표, 구매품 리스트, 구동 방식 등을 기록하게 된다.

3. 초기 제품 구조 정의

제품 구조란 조립체 내의 부품들의 목록과 체계를 모두 포함한다. 설계에 필요한 많은 주요 하위 시스템은 설계의도를 정의할 때 결정된다.

Pro/ENGINEER에서 제품의 구조는 형상 정의가 없이도 하위 조립체와 파트를 생성할 수 있어서 쉽게 만들 수 있다. 또한 기존에 존재하는 하위 조립체나 파트 역시 실제 조립 없이 제품 조립체 구조에 추가될 수 있다.

3.1 조립체 매트릭스 분석(Assembly Matrix)

조립체 구조는 제품에 있어 공통적으로 사용하는 객체, 변경 되는 객체, 옵션으로 사용하는 객체를 분석해서 마스터 템플릿을 생성한다. 그리고 공통 부품을 설계 초기 단계에서 파악할 수 있게 한다.

조립체 매트릭스는 가로 방향으로 12개 구역(zone)의 사양과 특징 등 중요 정보를 정렬하고 세로 방향으로는 공통 부분, 변경되는 부분, 옵션 부분을 자세히

Assembly Matrix

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
UNIT				NEUTRAL	DEV 1	DEV 2	DEV 3	DEV 4	DEV 5	EXCH 1	EXCH 2	RIN-SH 1	RIN-SH 2	RIN-SH 3	AIR K
LEGTH				1400	2100	2100	2100	2100	2100	1400	1400	1400	1400	1400	2100
FUNCTIC				ENTRANCE	back shower maint shower	maint shower	maint shower	maint shower	back shower maint shower	shower 상하	shower 상하	shower 상하		shower 상하	hole shower
경사				6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정	6°고정
WEIGHT				1000	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1500	1000	1000	1000
BATH	1	General Type – 2100mm	6		V	V	V	V	V						
		BODY(SIDE+TOP)			A	A	A	A	A						
		BOTTOM PLATE(+RIB)+가공소컷			A	B	C	D	E						
		MODULE BRKT(Y,N)			Y	N	N	N	N						
	2	General Type – 1400mm	5	V						V	V		V	V	
		BODY(SIDE+TOP)		A						A	A		A	A	
		BOTTOM PLATE(+RIB)+가공소컷		A						B	C		D	E	
		MODULE BRKT(Y,N)		Y						N	N		N	N	
		MOTOR PLATE 및 수량		1						1	2		1	1	
		SHOWER BRKT를 지지하는 BRKT		A						B	C		D	E	
	3	bath 전/후면 brush 개구 따공, 이중 fume cover, brush support	1									V			
	4	air knife	1												V
		Common-BODY	1	OSC 모듈 박스(2100),커버고려,FUME 차단, TOP DOOR 센서, DOOR SENSOR BRKT,'ㄷ'자 BRKT, OSC 지지 BRKT,반송부 지지 BRKT,중간지지 BRKT, MULTI 체지 BLOCK										
		OUTPUT	1	BATH_BODY 모듈, COVER(측,TOP,DOOR), FUME COVER, 조감연결부(홈캡), SIGNAL TOWER 지지 BRKT, EXHAUST BRKT, DRAIN BOX, MULTI BRKT											
			1	SHOWER PIPE ASSY-MODULE / ADJ - 제품별											
FRAME	1	General Type – 2100mm	6		V	V	V	V	V						V
		BODY			A	A	A	A	A						A
		Duct			A	B	C	D	E						F
	2	General Type – 1400mm	5	V						V	V		V	V	
		BODY		A						A	A		A	A	
		Duct		A						B	C		D	E	
	3	Roll Brush frame	1									V			
DRIVE	1	Dev	6		V	V	V	V	V						
	2	Reco	5	V						V	V		V	V	
	3	Roll	1									V			
	4	Air Knife	1												V
공통		Bearing -반송	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Bearing -구동	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Holder	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Clamp	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Helical Gear	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Level Plate	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Bearing Block - 전후	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Bearing Support - 전후	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Motor Assy	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		구동 Bearing Block	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		level Bolt	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
		Pulley	12	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
	1	Shaft+Roller - 2100	6		V	V	V	V	V						
	2	Shaft+Roller - 1400	7	V						V	V	V	V	V	V
	3	Shaft+Roller + Idle	5		n	y	n	n	n						
	4	구동 Shaft	11	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V
	5	구동 Shaft + Pulley	11	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V
	6	Double Roller + Spur Gear	1									V			
	7	Roll-Brush Bearing Block - 전후	1									V			
	8	Roll-구동 Shaft (short)	1									V			
	9	Roll-구동 Shaft (Long)	1									V			
	10	Roll-Brush Idle Roller	1									V			
	11	BRG Block 베꾸라	1												V
	12	AK 당축 Shaft Set	1												V
	13	AK Idle Roller	1												V
	14	AK Unit Base Plate	1												V

Fig. 6. 조립체 매트릭스 분석.

나누어 표시한다.

Fig. 6의 조립체 매트릭스 분석과 같이 12개의 구역은 크기에 따라 1400 mm인 구역이 6개, 2100 mm인 구역이 6개로 분류할 수 있다. 그리고 크기가 같은 6개 구역도 서로 조금씩 다르게 구성되어 있다. 또한 어떤 구역끼리 어떤 부분이 공통으로 사용하고 있고 어떤 부분이 변경되고 있는지를 확인할 수 있다. 이 정보를 이용해서 구역 크기에 따라 1400과 2100용 마스터 템플릿 조립체를 생성하게 된다. 마스터 템플릿 조립체는 향후 각 구역 조립체를 만드는 초안이 된다. 1400용 마스터 템플릿 조립체에서 1400용 구역 6개가 만들어지고 2100용 마스터 템플릿 조립체는 2100용 구역 6개를 만드는 초안이 된다.

3.2 마스터 템플릿(Master Template) 조립체

일반적으로 설계 순서는 구역 1을 먼저 설계하고 구역 1이 완료가 되면 구역 2를 설계한다. 이때 구역 1을 이용해서 구역 2를 생성하는데 구역 1 전체를 복사해서 새롭게 구역 2를 생성한다. 반복적으로 12개의 구역을 완성하게 된다.

그러나 설계 초기 단계에서 12개 구역에서 공통으로 사용되는 부품에 대한 정보를 가질 수 없다. 그리고 부조립체를 구성하기도 어렵다. 부조립체를 구성하는 부품 중 하나만 변경이 되어도 부조립체를 그대로 사용할 수 없고 변경해야 하기 때문이다. 또한, 설계 변경이 발생이 되면 12개 구역을 전부 수정을 해야 하는 문제점이 발생된다. 또한 도면 작업도 부품과 조립체 수가 증가하므로 증가하게 된다. 부품 생산 단가도 하나의 부품을 12개 만드는 것보다는 12개 부품을 하나씩 만드는 것이 단가를 증가시킨다. 그리고 제작 기간도 상대적으로 오래 걸린다.

조립체 매트릭스를 이용해서 구역 1을 만들기 전에 기본이 되는 마스터 템플릿을 먼저 생성한다. 마스터 템플릿은 6개의 구역의 공통적인 정보로 반드시 있어야 하는 기본 객체와 선택적인 객체를 중심으로 구성된다. 마스터 템플릿을 만들고 나서 6개 구역으로 파생할 때는 반드시 복사와 재사용을 이용해야 한다[3,4].

조립체 매트릭스를 사전에 분석하므로 공용 객체 수를 최대로 만들 수 있게 되고 설계 변경이 발생될 경우를 고려해서 설계 변경이 최대한 용이하게 할 수 있게 된다[5].

3.3 조립체 구성 시 고려 사항

초기 제품 구조를 정의하는데 있어 고려해야 하는 사항은 여러 가지가 있다. 그 중에서도 프로젝트에 참가하는 인적 요소에 따라서, 부품간의 상호 연관성 및 변화성에 따라서 많이 변경된다.

4. 골격(Skeleton) 모델 정의

골격 모델은 디자인의 의도를 표현하는 방법으로서, 3차원 레이아웃이다. 골격 모델은 제품에 필요한 요구 공간, 중요한 조립 위치, 또는 동작 등을 설계하는데 필요한 정보를 포함하고 있다. 또한, 부조립체로 설계 정보를 공유하는데 사용할 수 있다. 그리고 부조립체 사이의 참조 정보를 조정할 목적으로 사용할 수도 있다.

생성된 골격 부품은 조립체의 첫 번째 부품으로 조립된다. 골격의 이름은 이를 사용하는 조립체의 이름과 동일한 이름을 포함하고 구분자로 "_skel"을 부품 이름 생성시에 자동으로 접미어로 붙인다.

골격을 사용할 때의 주의해야 하는 점과 특징이 있다.

첫째, 골격은 한 조립체에서 특별한 경우를 제외하고는 1개만을 사용하는 것이 좋으며 한번 사용한 골격은 다른 조립체의 골격으로 사용하지 않는 것을 원칙으로 한다.

둘째, 골격은 좌표, 축, 평면, 곡선, 곡면 등의 피쳐를 이용하여 생성하며 질량 계산에 영향을 주는 솔리드 피쳐를 두지 않는다.

셋째, 골격 내의 피쳐들은 그 사용 용도에 의해 동일한 레이어 및 색상, 속성 등을 부여하여 구분시키고 또한 동일한 부품에 사용될 피쳐들은 연속된 순서를 갖도록 배치하여 피쳐 관리를 용이하도록 해야 한다.

4.1 골격의 사용 용도

Pro/ENGINEER에서는 하향 설계를 설명 할 때마다 거론되는 것이 골격이다. 골격을 설명하기 전에 Fig. 7의 왼쪽과 같이 기존에 골격없이 일반적으로 설계를 했을 때 발생되는 문제점에 대해서 알아보기로 한다.

가) 다른 부조립체에 있는 객체를 이용해서 조립
나) 필요에 따라 여기 저기 부품에서 정보를 참조
다) 기존 부품을 다른 부품으로 교체하기가 어려움
라) 원본 부품이 참조 부품을 다시 참조
마) 부품 또는 부조립체를 다른 프로젝트에 사용하기가 어려움

설계를 하다 보면 바로 옆에 있는 부품의 정보가 많이 필요하다. 예를 들어 동작하고 있다면 동작 범위에서 빗어나 조립해야 동작 시 간섭되지 않는다. 또한, 조립하기 위해서 조립 위치가 동일해야 하고 외곽 경계 면이 같아야 한다. 그러므로 일반 조립체 구조에서는 상대 부품의 정보를 직접 해당 부품에서 이용해야 하므로 많은 부품과의 참조 관계가 성립한다. 따라서 데이터를 독립시켜 다른 프로젝트에 이용하기도 어렵고 다른 부품으로 교체하기도 어렵다. 예를 들어, Fig. 7의 원반 조립체 구조에서 Part 2를 다른 부품으로 교체하면 Part 3, Part 4, Part 5에 참조 에러가 발생된다. 그리고 Pro/ENGINEER는 순차적으로 업데이트를 진행하는데 Part 6이 업데이트를 한 다음에 다시 Part 3이 업데이트를 해야 하므로 여러 번에 걸쳐 업데이트를 실행해야 한다.

골격 조립체 구조는 다른 객체의 정보를 직접적인 참조하는 대신 Fig. 7에서 보는 것과 같이 골격의 정보를 이용하게 한다. 따라서 골격은 객체에 필요한 정보들을 갖고 있어야 한다. 그리고 객체는 일대일 참조 관계로 오직 골격만 참조하게 된다.

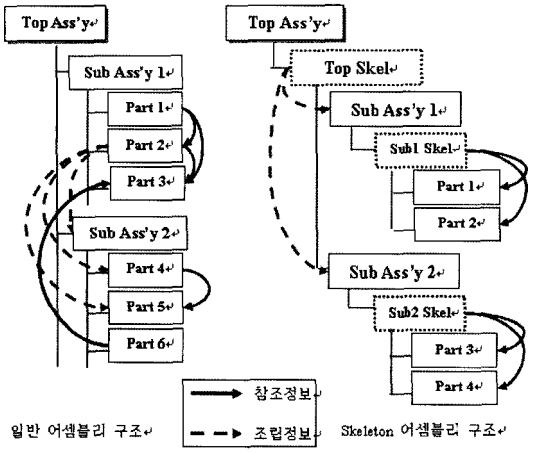


Fig. 7. 일반과 골격 조립체 구조 비교.

골격 조립체 구조를 사용할 때 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다.

가) 컴포넌트는 골격만 참조하여 생성
나) 골격에 컴포넌트 조립
다) 컴포넌트를 교체하기가 좋음
라) 컴포넌트를 다른 디자인에서 이용하기가 좋음
마) 설계 변경이 용이

골격을 사용하는 조립체는 정보 흐름이 단순하기 때문에 참조 정보를 재정의 하기가 좋다. 예를 들어, Fig. 7의 골격을 이용한 조립체에서는 Part 2를 다른 프로젝트에서 재사용하기 위해 독립시킬 때는 Part 2와 골격과의 관계만 정리하면 독립이 된다. 이와 같이 골격과의 관계 해결로 모든 작업이 끝난다.

또한, 골격을 사용하는 용도로는 조립정보, 공간정보, 인터페이스 정보, 동작정보가 있다[6].

4.1.1 조립 정보

조립체를 구성하는 컴포넌트와 컴포넌트 사이에는 많은 정보를 공유하는데 가장 기본이 되는 것이 조립 정보이다. 조립 정보는 컴포넌트의 설계 중심과 일반적으로 같다.

설계 중심이 결정이 되면 설계 중심을 기준으로 중요 컴포넌트의 경계와 볼륨이 생성이 된다. 그리고 경계와 볼륨에 다른 컴포넌트와의 조립과 같은 인터페이스(Interface)의 형상 정보를 생성한다.

4.1.2 공간 정보

공간 정보는 3차원 레이아웃을 작성할 때 중요 컴포넌트에 대한 영역 설정을 볼륨 또는 데이텀 평면으로 할당한다. 3차원 레이아웃을 구성하면서 볼륨과의 간섭, 사이 간격, 체결 위치 등을 고려하기 위해서 필요하다.

4.1.3 인터페이스 정보

조립체를 구성하기 위해서는 서로 다른 컴포넌트와 조립한다. 컴포넌트와 컴포넌트가 조립되기 위해서는 경계면이 서로 같아야 조립이 되는 것과 같이 두 컴포넌트의 경계 형상은 서로 연관을 가지고 있다.

4.1.4 동작 정보

골격을 통해 메커니즘을 생성할 수 있다. 기본적으로 링크 구조를 생성할 때 골격을 이용한다. 골격의 링크 구조를 움직이면 골격을 참조해서 생성 또는 조립된 컴포넌트도 함께 움직이게 된다. 이를 통해서 조립체에 설정한 메커니즘 구성에 대한 검증을 사전에 체크할 수 있고, 움직이는 동안에 다른 컴포넌트와의 간섭체크를 확인할 수 있다.

4.2 골격의 유형(Network)

하향 설계는 상위에서 정의한 정보를 하위로 전달하는 설계 디자인 방법이다. Pro/ENGINEER에서는 정보 전달을 위해 골격을 사용하는데 골격을 어디에 어떤 식으로 위치시킬 것인가에 따라 유형이 달라지는데 그 유형은 크게 6가지로 구분이 된다[7].

가) 단일 골격(Single skeleton)
나) 개별 골격(Individual skeleton)
다) 연쇄 골격(Cascading skeleton)
라) 복수 골격(Multiple skeleton)
마) 골격 제어 조립체(Skeleton control assembly)
바) 외부에 있는 골격(Externally populated skeleton)

하향 설계에서 정보 공유에 있어 표준 규칙을 정의해야 한다. 설계를 진행하면서 많은 설계 변경이 발생된다. 그러나 정보 공유의 표준 규칙성이 없으면 설계 변경을 하는데 있어 매우 어렵다. 설계 변경을 할 때마다 정보 공유를 매번 확인하고 나서 수정을 해야 하므로 시간적으로도 손해가 많이 발생된다.

정보 전달 방식에 있어서도 아래 방향으로 이루어

져야 한다. 예를 들어 상위에 있는 정보를 하위에서 이용하고 있고, 다시 하위에 있는 정보를 상위에서 사용하고 있는 경우를 보자. 이때 업데이트를 한번 수행하면 상위에서 변경된 내용이 하위로 전달이 되므로 하위가 변경이 되고 끝나게 된다. 그러나, 하위가 변경이 되므로 그를 참조한 상위에서 다시 변경이 발생해야 한다. 이와 같이 업데이트가 완벽하게 완성되지 않고 끝나게 되므로 심각한 문제를 발생시킨다.

4.3 골격 생성

제품을 설계하는데 있어서 필요한 정보들은 상당히 많다. 그리고 모든 정보들을 동시에 사용하는 것이 아니라 객체에 따라 필요로 하는 정보들이 서로 다르게 된다. 많은 정보들 중에 어느 정보가 최상위 정보이고 어느 정보가 그 다음 레벨에서 필요한 정보인가를 분석하므로 적합한 골격 유형을 선택할 수 있다.

4.3.1 정보 레벨 분석 (Information Level)

정보 레벨 분석은 초기 조립체 구조를 가로로 정렬하고 정보 분석에서 조사된 정보를 세로로 정렬하고 각 조립체를 구성하는 컴포넌트에 대한 필요 정보를 표시하면 된다.

전체적으로 필요한 정보와 각 부조립체인 BATH부, FRAME부, DRIVE부에서 필요한 정보를 분석하게 된다.

첫째, 전체적으로 사용되는 정보는 Glass Path Line, 레이아웃, Drive Support, 반송 Shaft, 구동부 Bracket, Frame-Bath 체결 위치이고 이 정보들이 최상위 골격을 구성하는 정보가 된다. 최상위 골격 정보는 부조립체 골격으로 정보를 공유하게 되고 변경이 발생이 되면 최상위 골격에서 변경하면 정보를 공유한 부조립체 골격도 자동으로 변경되게 된다.

둘째, Bath부에서만 필요한 정보는 Door 레이아웃, Piping In/Out 위치, 모듈 Bracket 위치, 내/외장 Cover, 조간 연결, 소재 두께, Motor 위치이고 Bath부 골격에만 필요한 정보이다.

셋째, Frame부에서 필요한 정보는 Tank 레이아웃, Bath 하부 Rib, Level Foot, Caster, Beam Size, 발판, 사다리 정보이고 Frame부 골격에만 필요한 정보이다.

넷째, Drive부에 필요한 정보는 Roller Size & Pitch, Shaft 직경 & 길이, Shaft 재질, Motor 위치, Unit Type, 베어링 크기, Frame 정보이고 Drive부 골격에만 필요한 정보이다.

설계 의도 분석과 골격 정보 레벨 분석을 토대로 골격 유형을 개별 골격 방식과 외부 골격 방식을 접목하는 방식으로 결정했다. Fig. 8에서 보는 것과 같이 외부 골격 방식으로 마스터 부품을 생성한다. 그리고 개별 골격 방식처럼 부 골격만 구성하고 정보 공유를 하지 않고 직접 복사해서 생성한다. 각 부 골격 사이에는 상호 연관성이 없어 자유롭게 다른 조립체에서 재사용할 수 있다. 만약에 부 골격을 서로 연결하고자 할 때는, 추가적으로 레이아웃도와 관계식 등을 이용하기 쉽게 만들었다.

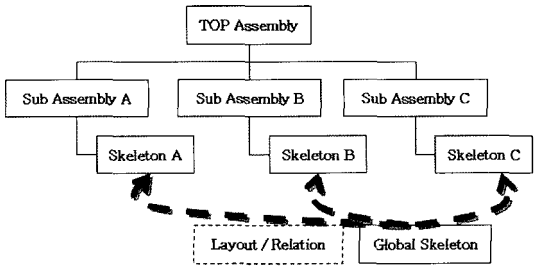


Fig. 8. 골격 유형 선택.

4.3.2 골격 생성

첫째, 글로벌 골격으로 사용할 마스터 부품을 Fig. 9와 같이 생성한다. 마스터 부품은 전체적으로 사용되는 정보와 부조립체에서 필요한 모든 정보를 포함하고 있다. 마스터 부품은 레이어, 피쳐이름 등을 알기 쉽게 정의해야 한다[8].

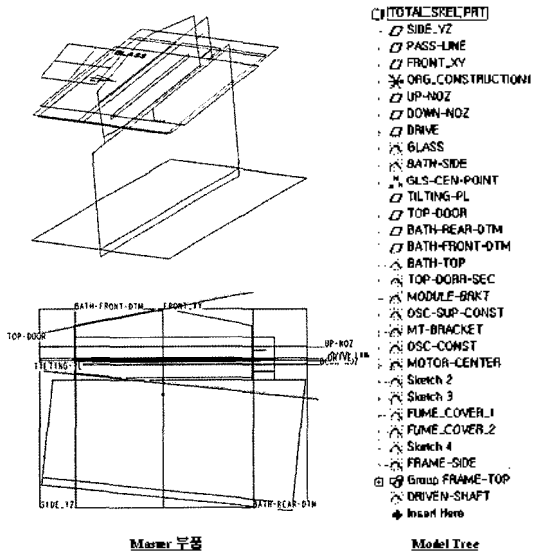


Fig. 9. 마스터 부품과 모델 트리.

둘째, 기초 조립체 구조에 골격을 생성한다. 개별 골격 방식처럼 최상위에는 골격을 생성하지 않고 부조립체에만 생성한다. 그러나, Bath부와 Frame부는 BATH, FRAME 객체에서 모든 정보를 포함하고 있다. 또한 가장 중요한 객체이므로 별도의 골격을 생성하지 않고 객체를 직접 마스터 부품을 이용해서 생성한다. 이때 외부 골격 방식처럼 정보 공유를 하지 않고, Fig. 10에서 보는 것과 같이 바로 복사해서 신규로 생성한다.

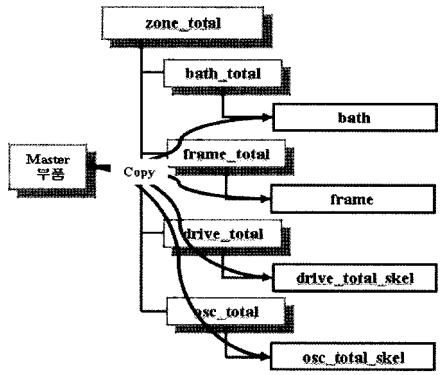


Fig. 10. 마스터 부품을 복사하는 과정.

셋째, 모든 정보를 포함하고 있는 마스터 부품을 복사해서 만든 부품들은 불필요한 정보들이 있게 된다. 이 불필요한 정보는 Fig. 11과 같이 삭제하고 추가적으로 필요한 정보를 생성한다.

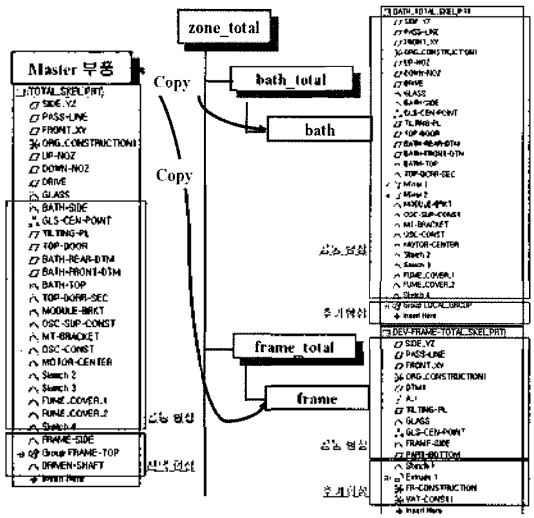


Fig. 11. 복사된 부품에서의 정보 삭제/추가.

BATH, FRAME, DRIVE_SKEL, OSC_SKEL인 부품들은 마스터 부품을 복사해서 만들었기 때문에 공통 정보에 대한 수정 작업이 용이하다. 그리고 필요에 따라 레이아웃도와 관계식을 사용할 경우 보다 쉽게 정의할 수 있다.

5. 조립체 전체에 걸친 설계 의도 공유

설계 전체에 걸쳐 주요 조립부와 주요 객체들의 요구 공간 등과 같은 최상위 설계 정보는 일반적으로 최상위 조립체의 골격 모델에 만든다. 그러나 Fig. 12와 같이 개별 골격 방식에서는 최상위 골격이 없기 때문에 부조립체에 있는 골격 모델에서 이 모든 정보를 생성해야 한다. 그리고 필요에 따라 그 아래 조립된 부조립체의 골격 모델에 공유하게 된다.

개별 골격 방식에서 부조립체가 각각의 부조립체에 필요한 모든 설계 정보를 독립적으로 골격 모델이 모두 갖게 된다. 따라서 공통 정보에 대한 수정을 제한하므로 동일 제품에 여러 설계자가 동시에 공동 작업을 진행 할 수 있게 한다. 그리고 부조립체를 다른 제품에 독립적으로 조립할 수 있다.

그러나, 부조립체들이 공통적으로 갖고 있는 최상위 정보는 한번에 변경할 수 없다. 부조립체의 최상위 부품인 Bath, Frame 그리고 Drive_Total_Skel 모델에서 반복적으로 수정해야 한다.

정보를 참조한 경우에는 반드시 골격 부품만 이용하고 일반 부품을 무분별하게 참조하는 것을 피해야 한다. 글로벌 참조 뷰를 이용하면 외부 참조 정보를 확인할 수 있다[9].

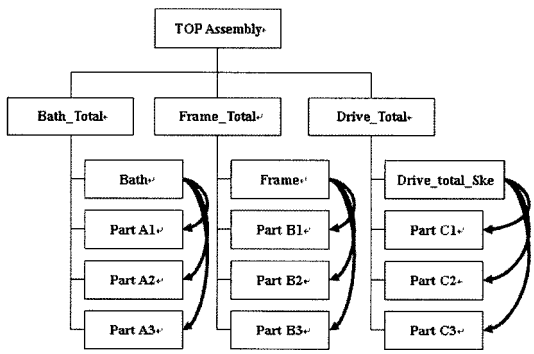


Fig. 12. 조립체 구조.

5.1 데이터 공유 방법

조립체에 있는 컴포넌트 사이의 데이터 공유 방법은 여러 가지가 있다. 특히 Pro/ENGINEER의 특징인 패라메트릭과 형상 기반 모델링이 데이터 공유를 잘 표현할 수 있게 한다.

Pro/ENGINEER에서 데이터 공유 방법으로는 스케치에서 직접 참조, 형상 복사(Copy Geometry), "슈링크랩(Shrinkwrap)", "결합(Merge)", "형상 발표(Publish Geometry)", "상속(Inheritance)", 2D 레이아웃 드로잉, 곡선 또는 곡면 직접 참조, 외부 참조 등이 있고 설계 의도에 따라 데이터 공유 방법을 선택하게 된다[10,11].

5.2 조립체 부품 설계

조립체의 골격 모델이 정해지고, 최상위 설계 의도를 각 부조립체와 부품에 공유한다. 그 다음 각 부품에 대한 설계를 시작할 수 있다.

골격 모델 정의하는 단계까지는 3차원 레이아웃을 구상하는 단계로 팀장이 주도적으로 작업을 진행한다. 그리고 조립체 부품 설계부터 본격적으로 상세 설계가 시작되고 팀원 전체가 작업에 참가하게 된다.

일반적으로 설계팀 전체가 참가해서 공동 작업을 진행할 때 설계자마다의 작업 범위는 컴포넌트간 상호 연관성을 검토하기 위해서 각 구역별로 나누게 된다. 따라서, 동시에 여러 설계자가 각자 구역을 설계하게 되므로 중복 작업을 피할 수 없게 된다.

그러나 골격을 이용해서 각 부조립체에 정보를 공유한다. 그러면 Fig. 13에서 보는 것과 같이 설계자마다 부조립체인 Bath부, Frame부, Drive부, Shower부로 작업 범위를 나눌 수 있게 된다. 그리고 조립체 매트릭스 분석 자료 등을 이용해서 사전에 공용 부품을 분석하고 준비할 수 있어 반복 작업을 피하고 효율적으로 작업을 진행할 수 있게 된다.

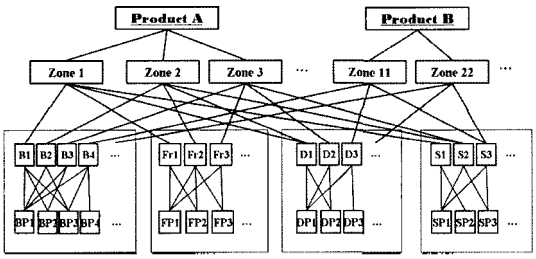


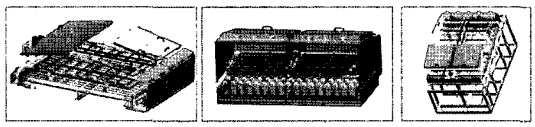
Fig. 13. 공용부품 극대화.

각 부품에 의해 조립체 구조를 완성해 나가는 데는 많은 방법이 있다. 기존에 존재하는 부품을 조립할 수도 있고 조립체 상에서 새롭게 만들 수도 있다.

6. 컴포넌트간의 상호 연관성 관리

Pro/ENGINEER의 특징 중 패라매트릭과 컴포넌트간의 상호 연관성을 이용해서 설계 변경을 쉽고 빠르게 한다. 그러나 반드시 모든 경우가 그렇지는 않다. 상호 연관 관계로 인해 다른 조립체에서 사용하기가 어렵고 설계 변경이 발생하면 원하지 않는 부품까지 설계 변경되는 경우가 많다[12].

컴포넌트간의 상호 연관성 관리는 설계의 마지막 단계로 컴포넌트간의 상호 관계를 체계적으로 관리하는데 사용한다. 상호관계를 관리하는 것은 하나의 디자인에 속한 부품 또는 부조립체를 다른 조립체에서 사용하기 위해서이다. 그리고 조립체 전체의 변경이나 갱신을 독립적으로 조절할 수 있도록 만들기 위해서이다. 이와 같이 생성된 데이터는 Fig. 14에서 보는 것과 같이 내부 표준 모듈(Standard Module)과 표준 템플릿 (Standard Template)으로 등록하고 별도의 관리 체계를 갖는다.



Standard Model (공용 모델)

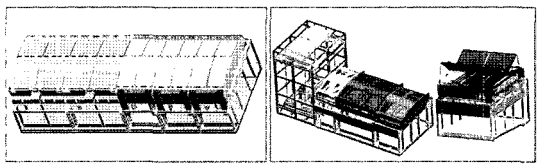


Fig. 14. 공용 모델.

내부 표준 모듈은 규격품으로 마치 라이브러리처럼 여러 조립체에 반복적으로 사용하게 된다. 여러 조립체에서 사용하고 있기 때문에 설계 변경을 할 수 있는 권한을 일반 설계자에게는 제한한다.

내부 표준 템플릿은 조립체에서 직접 이용하지 않는다. 그러나 유사한 것을 신규로 만들 때 복사의 원본 데이터로 이용한다.

이를 위해 Pro/ENGINEER에 있는 참조 제어 기능은 원하지 않는 연관성을 자동으로 차단하게 된다. 더 나아가, 글로벌 참조 뷰 도구는 현재 존재하는 부품간의 연관성을 검사하고 이해하는데 사용자에게 도움을 줄 것이다[13].

7. 결 론

본 연구에서 LCD 관넬 제조 장비인 "7세대 현상기" 제품에 적합한 설계 방법론을 만들었다. 설계 방

법론을 만들기 위해 5단계의 설계 프로세스를 정의했고 각 과정마다 필요한 데이터를 정의했다.

1단계 설계 의도 분석에서는 객체 정의, 정보 흐름 분석, 객체 정보 분석, 중요 설계 변수 분석을 진행했다. 2 단계 초기 제품 구조 정의에서는 조립체 매트릭스 분석, 마스터 템플릿 조립체, 조립체 구성시 고려사항을 진행했다. 3단계 골격 모델 정의에서는 골격 사용 용도, 골격 유형, 골격 생성을 진행했다. 4단계 조립체 전체에 걸친 설계 의도 공유에서는 데이터 공유 방법, 조립체 부품 설계를 진행했다. 5단계 컴포넌트간의 상호 연관성 관리에서는 내부표준 모듈, 내부표준 템플레이트를 진행했다.

개발된 설계 프로세스는 향후 새로운 방법론을 개발할 경우에 기본 프로세스로 사용하게 되고, 보다 쉽고 빠르게 최적화된 설계 방법론을 개발할 수 있게 하였다.

여러 설계자가 하나의 제품에 동시에 참가해서 설계를 진행할 때 동일한 부품을 각 설계자마다 새롭게 만드는 경우가 많다. 그로 인해 관리 데이터가 증가하게 되고 소량 주문 생산으로 단가가 높아지게 된다. 그리고 작업 시간이 증가된다.

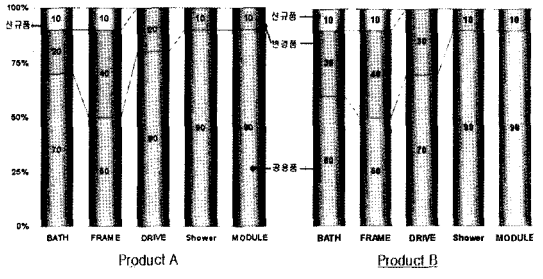


Fig. 15. 파생 모델 A와B에서의 공용 부품 사용률.

본 논문에서는 공용 부품 사용비율을 확인하기 위하여 동시에 설계가 진행된 LCD 현상기의 2개의 파생모델(Fig. 15의 A, B)을 분석하여 보았다. Fig. 15의 그래프와 같이 전체적으로 70% 이상 사용되고 있다는 것을 확인할 수 있다. 기존 6세대 현상기 설계에서의 공용 부품 사용 비율에 대한 측정 자료는 없지만, 인터뷰 내용에 따르면 약 30%의 공용 부품을 사용한다고 한다. 물론 기존 장비는 6세대 현상기이고 지금은 7세대 현상기이라서 엄밀히 비교하기는 어렵다. 하지만 단순하게 비교한다면 적어도 100% 이상 공용 부품 사용비율이 증가했다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 최영운, 박 강, 이진갑 "PRO/ENGINEER WILDFIRE 2.0", 인터비젼 pp. 679-705, 2005.
2. PTC 내부 자료 "What is TDD?".
3. PTC 내부 자료 "Methodology of Machinery – Top Down Design".
4. PTC 내부 자료 "Large Assembly Management".
5. PTC 내부 자료 "Standard Modeling Method".
6. PTC 내부 자료 "Modular Product Architecture".
7. PTC 내부 자료 "Top-Down Design: An Evolving Process at John Deer".
8. PTC 내부 자료 "Skeleton Templates".
9. PTC 내부 자료 "External Reference".
10. PTC 내부 자료 "Large Assy Management Guide?".
11. PTC 내부 자료 "Data Sharing".
12. PTC 내부 자료 "What is INTRALINK?".
13. PTC 내부 자료 "Library Guide".

최 영 운

1995년 명지대학교 기계공학과 학사
1996년 제록스 연구소 연구원
2006년 명지대학교 기계공학과 석사
1996년~현재 한국 PTC MCAD Sr. 컨설턴트
관심분야: 동시 공학 설계, Top-Down 설계 방법론, CAD/CAM 응용분야, PLM 응용

박 강

1986년 서울대학교 기계설계학과 학사
1988년 서울대학교 기계설계학과 석사
1989년~1991년 KIST 로봇응용 및 유공압실 연구원
1996년 미국 Penn. State Univ. 산업 및 생산공학과 Ph.D.
1997년~현재 명지대학교 기계공학부 부교수
관심분야: CAD/CAM, Robotics, 생산자동화, TRIZ, 메카트로닉스