

論文

RC 헬리콥터 최적화 설계를 위한 변수설계 기법

이재영*, 황호연**, 김정엽**

Parametric Design Techniques for Optimal RC Helicopter Design

Jae-Young Lee*, Ho-Yon Hwang**, Jung-Yub Kim**

ABSTRACT

This research presents a study for the knowledge-based configuration design development of a RC (remote control) helicopter. Parametric design and knowledge based design concepts are introduced for rapid design changes and analyses using commercial CAD software, CATIA® Knowledgeware module. It is crucial for RC helicopter design because it enables rapid conceptual design through instant configuration changes. Positions and dimensions of RC helicopter parts were used as design parameters. As an example, positions of CG(center of gravity) points were traced and plotted as the configuration changes. Further research should be performed in areas of user interfaces and web-based multi-user environments instead of using Excel data sheets.

Key Words : 무선조종헬리콥터(Remote Control Helicopter), 제품 매핑(Product Mapping), 제품 모델(Product Model), 변수설계(Parametric Design)

1. 서 론

기업들은 CAD와 CAM의 통합으로, CIM (Computer Integrated Manufacturing)을 구축함으로써, 소비자의 욕구에 맞추기 위한 과도한 기업 간 경쟁에서 이윤을 창출하기 위하여 점점 더 단축되고 있는 제품 순기(Product Life Cycle)를 대비하고자 하는 연구를 진행하고 있다[1].

이러한 상황을 해결하고자 하는 노력은 매개변수 설계의 도입과 새로운 개념인 피쳐 표현(Feature Representation)에 대한 연구가 진행되고 있다. 부품(Part) 모델을 솔리드(Solid) 모델로 설계하고 유한요소(Finite Element Method) 해석을 수행하고 재사용성을 증가시켜 다른 제품을 개발하는 데에도 이용함으로써 시간 비용의 절감 효과를 극대화하고 있다. 최근에는 부품 모델에 변수설계(Parameter Design)를 적용하여 부품 모델의 기하학적인 형상을

쉽고 빠르게 구현하려는 연구가 진행 중이다. 이러한 연구의 결과로 다양한 형상에 관한 유한요소해석, 진동해석, 좌굴해석, 공력 탄성 해석, 공력해석 등을 빠르게 진행 할 수 있게 되었다. 그 결과 최적의 해석 결과를 근거로 한 합리적인 제품을 개발할 수 있으며 동시에 시간 비용 절감 효과는 더욱더 증대 되었다. 또한 피쳐(Feature)의 개념을 이용하여 3차원 부품 모델을 효과적으로 구현할 수 있고 부품 모델에 형상간 기하학적인 구속조건(Geometrical Constraints), 설계자의 디자인 의도(Design intents of Designer), 제품 생산의 공정계획(Product Process Planning) 등을 포함시킬 뿐만 아니라 표면 거칠기, 여유 공차, 재질 적용과 같은 세부 속성 정보를 부여하는 노력이 진행되고 있다[2-8].

또한 제품 모델(Product Model)을 구성하는 부품 모델에 대한 설계 변경이 요구 되었을 때, 설계 변경 요구 부품 모델과 연결된 제반 부품 모델들의 설계 변경도 자연스럽게 이루어지는 연구가 진행되고 있다[9-15].

본 연구에서는 제품 모델(Product Model)을 구성하는 부품 모델(Part Model)들에 대하여 피

* 2008년11월26일 접수 ~ 2008년12월19일 심사완료

* 세종대학교 항공우주공학과 대학원

** 정희원, 세종대학교 항공우주공학과
연락처자, E-mail: hyhwang@sejong.ac.kr
서울시 광진구 군자동 98

처 기반(Feature-Based) 변수설계를 적용하고, 부품 모델의 설계 변경뿐만 아니라 결합되는 다른 부품 모델들의 설계 변경이 자동적으로 이루어질 수 있도록 제품 매핑(Product Mapping)까지 적용하였다. 그리고 무선조종(RC) 헬리콥터의 형상을 동시에 변경하고 전체 형상의 무게중심(CG: Center of Gravity)점을 빠르게 추적함으로써 유용성을 검증하고자 하였다.

즉, 본 연구의 목적은 Fig 1.과 같이 하나의 부품 모델에 대하여 설계 변경이 요구 되었을 때, 부품 모델이 신속하게 변경될 수 있게 함과 더불어 주변 연관 부품 모델을 동시에 변경할 수 있도록 하여 빈번한 설계 변경 요청에 의한 설계 변경 오류의 발생을 억제하는데 있다.

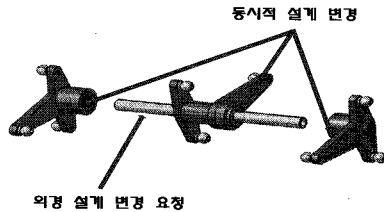


Fig 1. Concurrent design change

II. 변수 설계

2.1 변수설계(Parametric Design) 개요

현재 사용되고 있는 많은 CAD 시스템들은 피처 기반(Feature-Based) 설계를 지원하지만 각각의 피처들은 선후 관계에 종속되어 이전의 피처가 삭제되거나 변경되면 이후의 피처들도 삭제되거나 변경되는 명시적 종속 모델링(Historical-Explicit Modeling) 기법을 주로 사용하고 있다 Fig 2. 이런 기법을 사용하면 빈번한 설계 변경이 있는 부품 모델에 변수 설계를 적용하기 어렵다.

변수 설계를 하기 위해서는 독립적 피처 기반(Independent Feature-Based) 설계를 하여야 한다. 부품 모델을 의미있는 피처들로 단순하게 구분하고 피처들의 기반 프로파일(Profile)에 대해서도 명확한 구속조건을 제시하여야 한다. 독립적인 피처 모델들이 최종형상을 고려하여 생성이 완료되면 이 형상들을 종속 순서(Historical Order)에 의하여 불리언(Boolean) 연산을 수행함으로써 최종 형상으로 구현된다. 이때 종속 순서는 최종 형상의 고유한 이력이 된다. 피처 모델들이 모두 독립적으로 운용, 배치되기 때문에 이

를 기초로 생성되는 부품 모델은 형상 구현에 있어서는 유연성(Flexibility)을 갖고 다른 부품 모델을 구현할 때에도 다른 부품 모델의 비슷한 피처 모델을 반복하여 사용할 수도 있는 재사용성(Reusability)을 겸비하게 된다.

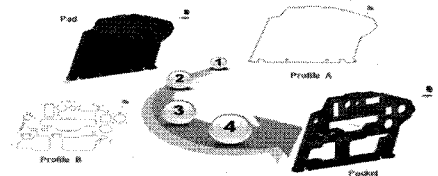


Fig 2. Explicit Modeling Sequence

독립적인 피처 모델들을 종속 순서를 적용하여 최종 모델을 생성한 후에 변수 설계를 수행하는데 변수 설계에 대한 과정은 Table 1.과 같다.

Table 1. Process of parametric design

1	설계자와 피처 모델과의 매개자 역할을 하는 매개변수 생성
2	매개변수와 피처 모델의 치수적인 구속 조건 객체와의 매핑(Mapping)
3	자동형상 구현을 위하여 비 변수(Non-Parameter) 들에게 수식 구속을 적용
4	서로 다른 변수들 간의 관계성을 성립하기 위한 구속 값의 적용
5	추출된 변수들을 설계표를 이용하여 Work Sheet에서의 제어

2.2 피처 기반 설계

2.2.1 피처 모델의 범주 정의

제품(product) 모델 Fig 3.은 다양한 여러 기구 기계적인 요소를 포함하고 있는 조립체로서 여러 가지 기능을 조합하여 특별한 하나 이상의 기능들을 재창출 할 수 있는 모델이고 부품(part) 모델 Fig 4.은 하나의 기능을 구현하기 위한 설계 목적으로 구현된 물리적으로 한 개의 모델이라고 정의한다. 부품 모델은 제품 모델을 구성하는 최하위의 물리적 구성단위이기 때문에 제품 설계의 최하위 기준 모델이 된다. 부품 모델은 하나 이상의 기능을 가질 수 있고 특별한 특성을 위해 복잡한 형상으로 표현 될 수 있다.

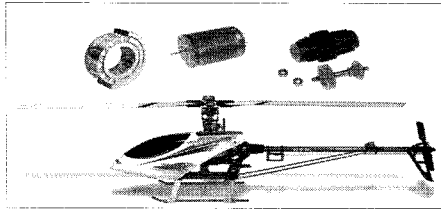


Fig 3. Example of product model (Align 'Trex-600', Hacker 'C50XL' Motor)

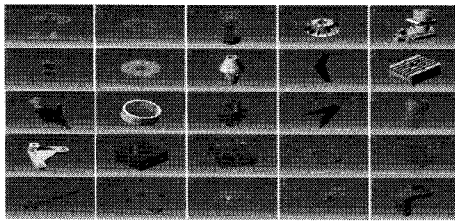


Fig 4. Example of part model

피쳐 모델은 '설계자로부터 하나 이상의 기능적 의미를 갖고 설계되는 기하학적인 형상으로써, 부품 모델의 설계를 위한 기본적인 형상 구성단위'라고 정의한다 Fig 5.

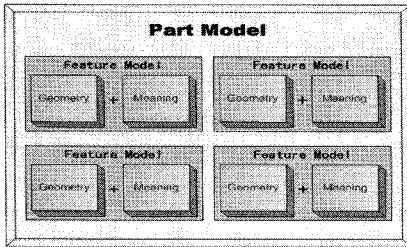


Fig 5. Features in the part model

2.2.2 피쳐 모델 생성 원칙

피쳐 모델은 설계자의 노하우와 설계 이념에 따라 다소 복잡한 형상일 수도 있고 기본적인 도형일 수도 있다. 기반 프로파일(Profile)이 복잡한 경우는 지오메트리(Geometry)를 관리하기 위한 구속조건(Constraint)들을 변수로 제어하기가 힘들어지고 단순하게 되는 경우에는 피쳐 관계(Relation)들이 복잡해져서 피쳐 모델들 간의 관계성을 생성하기 어려워 재사용성이 떨어지며 부품 모델에 변수 설계를 적용하기가 어렵다. 따

라서 피쳐 모델을 생성하는 기준이 필요하며 피쳐 모델의 생성 규칙을 Table 2.에 나타내었다.

Table 2. Creation rule of feature model

1	모든 피쳐 모델들은 고유한 참조(Reference)를 가지고 서로 독립적인 객체로 생성한다.
2	피쳐 모델들은 윤곽(Outline)을 구성하기 위한 것과 세부 부위를 표현하기 위한 것으로 구분한다.
3	윤곽을 구성할 피쳐 모델은 불리언 연산의 추가(Add) 명령만을 수행할 목적으로 구분되어 생성한다.
4	세부 형상을 구성할 피쳐 모델은 불리언 연산의 제거(Remove) 명령만을 수행할 목적으로 구분되어 생성한다.
5	모델의 기하학적 특성상 추가와 제거를 교차적으로 사용하여야 형상 구현이 가능한 경우에는 종속 순서를 피쳐에 기록한다.

Fig 6. 은 플라야바 패들(Flybar Paddle)을 제어하기 위한 무선조종 헬리콥터 반경 암(Radius Arm)의 형상이다.

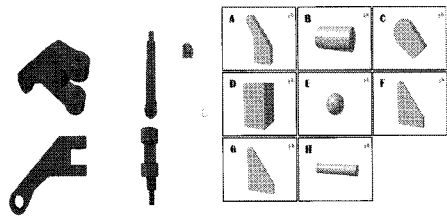


Fig 6. Radius arm features

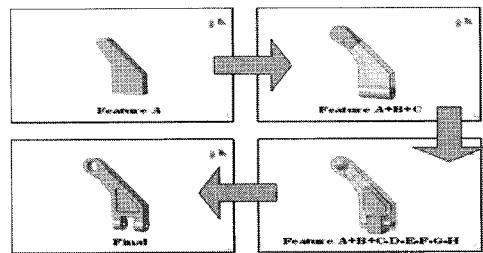


Fig 8. Historical order

반경 암은 총 8개의 피쳐로 구성되어 있고, 피쳐 모델들은 Fig 7.과 같다. 피쳐 A, B, C는 반경 암의 윤곽을 생성하기 위한 피쳐들이고, D, E, F,

G는 세부 형상을 표현하기 위한 피쳐들이다. Fig 7.의 피쳐들을 Fig 8.과 같은 종속 순서를 사용자가 주어 최종 형상을 구현하게 된다.

2.2.3 피쳐 모델 인텐트(Intent)

한 부품 모델을 구성하는 피쳐 모델들의 인텐트는 연관 있는 다른 부품 모델의 피쳐 모델에 영향을 받는다. 하나의 주된 목적을 만족시키기 위해 설계자는 여러 가지의 피쳐 모델들로 구성하여 그 목적을 만족 시켜야만 한다.

예를 들어 Fig 9. 와 같은 자동회전(Autorotation) 기어 부품 모델의 주된 목적은 주축(Main Shaft)과 연결을 유지하면서 주 동력원으로부터 동력이 차단 되었을 때, 꼬리 구동(Tail Drive) 기어 제품 모델에 동력을 전달하는 것이고 세부적 기능에 대해 Table 3.에 설명하였다.

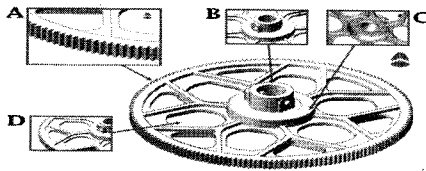


Fig 9. Feature intents in autorotation gear

Table 3. Detail functions of autorotation gear feature model

A	인벌루트(Involute) 커브로 스퍼 기어 이를 생성하여 꼬리 구동 기어에 동력전달.
B.	동력을 전달받기 위한 주축과 연결
C	한쪽 방향 배어링 축과의 고정
D	균일한 중량 감소

2.3 구속조건(Constraints) 적용 설계

구속조건 적용은 요소 간의 관계성을 성립해 주는 과정이며 그 특성에 따라 치수적인 구속과 기하학적인 구속으로 나뉜다. 기반 프로파일(Profile)을 생성 할 때 구속조건을 이용하면 효과적면서 강력하게 프로파일의 생성 및 설계변경이 가능해진다.

기하학적(geometrical) 구속조건은 요소 간의 평행, 수직, 일치, 고정 등과 같은 기하학적인 위상을 가지고 구속 할 수 있는 명령이다. 상태의 동기화로 한 요소의 거동이 다른 요소에 영향을 주어 요소 간 상태를 유지시키며 변화시킬 수 있다 Table 4. 치수적인(dimensional) 구속조건은 원의

지름/반지름, 타원의 장축과 단축, 요소간의 각도와 거리들을 수치적으로 제어하기 위한 치수 구속 명령이다 Table 5.그러나 Fig 10.의 프레임 블록 모델처럼 다소 복잡한 형상에서 구속조건이 잘 적용 되지 않은 경우가 있다. 이 프로파일은 한 개의 분면에 6개의 원 요소들과 7개의 선 요소들로 13개의 기하학적인 요소들로 구성되어진다. 프로파일을 수평축을 기준으로 미러(Mirror) 명령을 수행하여 1차 생성하고, 생성된 요소들을 다시 수직축을 기준으로 미러 명령을하여 하나의 닫힌 프로파일을 생성한다. 그러므로 하나의 피쳐 모델을 생성하기 위해 필요한 기하학적 요소는 52개이다. (13요소 × 4 종류 분면 = 52요소)

Table 4. Geometrical Constraints Condition

Number of Elements	Corresponding Geometrical Constraints
One Element	Fix / Horizontal / Vertical
Two Element	Coincidence / Concentricity / Tangency Parallelism / Midpoint / Perpendicularity
Three Element	Symmetry / Equidistant Point

Table 5. Dimensional constraints

Number of Elements	Corresponding Dimensional Constraints
One Element	Length / Radius / Diameter Semimajor axis / Semiminor axis
Two Element	Distance / Angle

그러나 52개의 요소들을 각각의 위치를 나타내기 위한 치수 값으로 구성하는 것은 매우 복잡하고 어려운 작업이며 설계 변경 또한 용이하지 않다. 즉, ㉠요소가 변경된다고 가정을 하면 ㉡요소, ㉢요소 혹은 두 가지 경우 모두의 변경을 요구한다. Fig 11. ㉠요소는 독립적으로 변경되어 질 수 있으나 ㉠, ㉢요소의 반지름의 값보다는 작은 값이나 0값보다 큰 값을 가져야 하는 값의 제약을 받게 된다. 이전의 설계방식으로 설계를 할 경우 설계자가 이러한 요소 간의 연관성을 고려하여 각각의 요소의 위치를 계산하여야 하지만 52개의 요소들을 각각의 위치를 나타내기 위한 치수 값으로 구성하는 것은 매우 복잡하고 어려운 작업이다. 또한 설계 변경 또한 용이하지 않다. 따라서 요소들에 구속조건들을 최적화하여 설정을 해야 하며 적용하는 과정은 Table 6.과 같다.

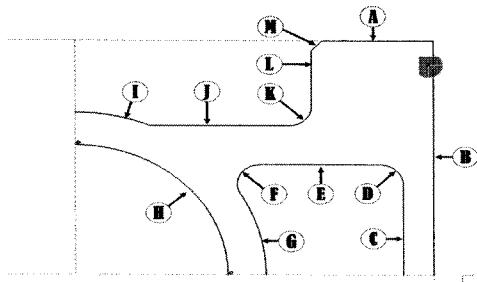


Fig 10. Basic topology of feature model in a frame block

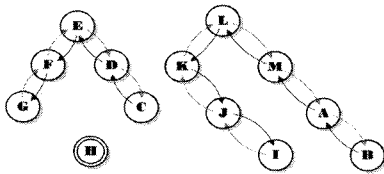


Fig 11. Relation between elements

Table 6. Optimization procedure for constraints

1	기하학적/치수적 구속조건을 각각의 요소들 간에 적합하게 적용한다.
2	원점을 구속된 프로파일의 중심에 위치시키도록 한다.
3	선 요소들을 수평/수직축에 수평/수직이 되도록 기하학적 구속조건을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

Fig 12는 기하학적/치수적 구속조건을 모두 적용한 프레임 블록 모델의 프로파일을 보여준다.

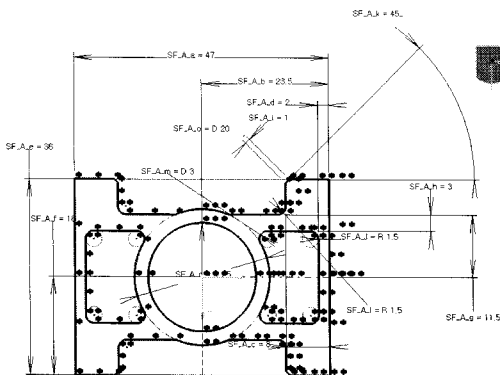


Fig 12. Standard profile of a feature model

2.4 기준 기반(Reference Based) 설계

CAD 시스템은 기하학에 근거하여 미리 정의된 기준 좌표축(Standard Axis System)으로부터 모든 피쳐 모델들의 좌표를 정의한다. 그러나 복잡한 피쳐 모델들의 위치를 표현할 때 기준 좌표축으로만 표현하는 것은 무리가 있다. 또한 하나의 프로파일을 구성하는 요소의 수가 많아질수록 기준 좌표축으로부터의 요소 간 치수적인 구속조건을 설정 하는 것에도 많은 어려움이 있다.

따라서 기준 좌표축을 기본으로 하여 임의의 위치에 지역 좌표계(Local Axis System)를 정의할 필요가 있다. Fig 13. 피쳐 모델은 지역 좌표계를 기준으로 생성됨으로써 독립적으로 자신의 위치가 변경될 수 있는 객체화가 된다.4119

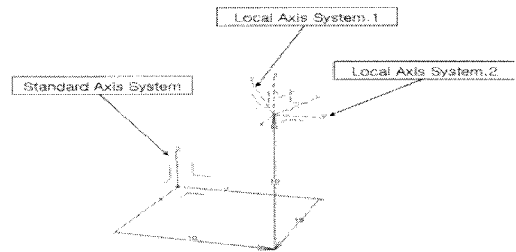


Fig 13. Local axis systems

2.5 변수 설계

본 논문에서 변수 설계란 하나의 파트 모델의 형상을 사용자가 효율적으로 변경/관리하기 위한 목적으로 부품 모델을 구성하는 최하위 개념적 구성단위인 피쳐 모델들에 부여된 구속조건들과 연관된 변수를 수집, 분류하고 오류 관리를 하여 형상 구현을 빠르고 효과적으로 하기 위한 설계 방법이라고 정의한다.

우선 부품 모델을 구성하는 독립적인 피쳐들을 설계자의 인텐트(Intent)를 포함하여 형상을 생성하고 피쳐 모델의 기반 프로파일에 기하학적/치수적 구속조건을 부여한다. 이렇게 생성된 각각의 피쳐들을 설계자가 의도한 위치에 배치하고 불리언 연산을 수행하여 부품 모델의 기하학적인 형상 정의는 완료된다.

부품 모델의 형상 구현이 완료되면 설계자와 부품 모델의 피쳐들 사이에 매개자 역할을 하는 변수들을 추출하며 부품 모델의 속성을 사용자 정의로 생성하여 명세 트리(Specification Tree)에 추가한다. 그리고 이 변수들을 형상에 적용된 치수적 구속조건 요소와 맵핑(Mapping)을 수행한다. Fig 14-15.

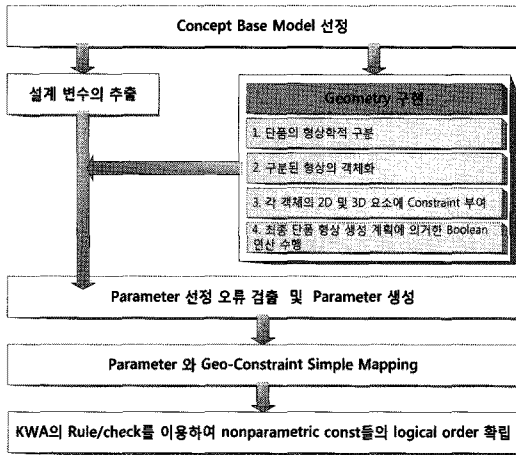


Fig 14. Parametric design sequence

맵핑이 완료되면 생성된 변수들 중에서 항상 동일 값으로 동기화되거나 다른 변수들의 수치 계산에 의하여 값이 결정되어지는 종속 변수들에 공식편집을 통한 종속관계를 부여하는 변수관리 (Management) 과정이 수행된다. 변수 관리 과정이 완료되면 설계 변경 시 존재할 수 없는 부품 모델로 변경되는 것을 사전에 검출하고 예방할 수 있도록 변수 경계값을 논리 순서(Logical order)에 의해 계산하여 범주를 정해주는 스크립트(Script)를 부품 모델에 적용한다.

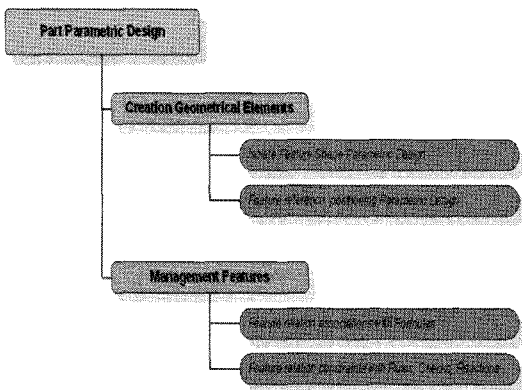


Fig 15. Part parametric design diagram

변수를 생성하는 절차는 다음과 같은 7개의 항목으로 요약된다.

첫 번째, 피쳐 형상에 내부 이름을 부여하고 그 이름과 동일한 변수 세트(Set)를 생성한다. 그 세트에는 피쳐 형상을 관여하는 모든 변수를 생

성한다. 생성된 변수들을 구분하기 위하여 이름을 세부 규칙을 정하여 내부 이름을 명명한다. 두 번째, 필요한 모든 변수를 생성한다. 값이 동일하게 쓰이는 부분에 대해서는 되도록 변수 생성을 피한다. 세 번째, 논리적으로 명확하게 변수들을 맵핑한다.

네 번째, 변수들을 설계자의 인텐트(intent)에 맞게 생성 하도록 한다. 다섯 번째, 변수들이 각각 서로를 참조하는 경우가 발생하면 변수 참조 오류가 발생하므로 반복적인 계산을 하는 경우는 반드시 피하여야 한다. 여섯 번째, 변수들은 본질적인 값에 1:1 맵핑을 기본으로 한다. 일곱 번째, 변수의 쓰임에 따라 그 형식을 명확하게 정하고 사용하여야 한다.

III. 모델 조립 변수 맵핑

모든 단품의 변수 설계가 완료되어지면 하나의 목적을 위한 여러 가지의 기능성을 내포하고 있는 기구로 만들기 위한 조립(assembly) 과정을 진행한다. 조립 과정이 완료되면 최종 헬리콥터 제품을 구성하는 반제품(Semi-Product)들 간의 형상 간섭과 같은 설계 오류의 발생여부를 확인하기 위하여 디지털 목업(DMU: Digital Mock-Up)의 공간 충돌 확인(Space Clash Check)을 시행한다. 오류 검출 및 수정 변경이 완료되면 헬리콥터 제품의 설계 변수들을 설계 테이블로 구성하여 엑셀(Excel) 등의 데이터베이스와 연동하여 제품 변수 맵핑을 완성한다.

본 연구에서는 실제 헬기 대신 무선조종(RC: Remote Control) 헬리콥터에 대해 변수 설계 기법을 적용하였다.

3.1 RC 헬리콥터 조립 시스템

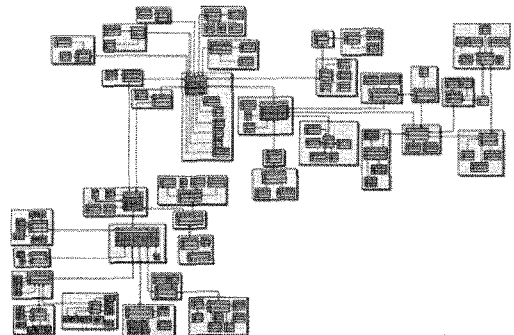


Fig 16. RC Helicopter mechanical system

Fig 16.은 RC 헬기 시스템의 각각의 단품들이 어느 부품들로 구성이 되고 연결이 되는지를 전체적으로 보여주고 있다. 크게 나누어 주로터 시스템(Main rotor system), 주 프레임 시스템(Main frame system), 꼬리 프레임 시스템(Tail frame system), 제어 시스템(Control unit system)으로 구성되어 있다.

Fig 17.에 주로터 시스템 시스템의 구성도를 나타내었고 Table 7.에는 주로터 시스템의 세부 제품들의 기능에 대해 설명하였다. 타 시스템에 대해서는 설명을 생략하기로 한다.

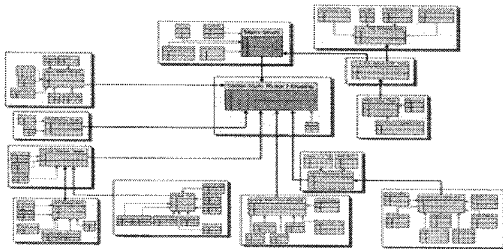


Fig 17. Main rotor mechanical system

Table 7. Detail component lists of main rotor system

1. Main Rotor Holder	- Main Rotor를 Metal Main Rotor Housing에 고정
2. Feathering Shaft	- Main Rotor와 Metal Main Rotor Housing을 동일 축으로 고정
3. Flybar Seesaw Holder	- Flybar와 SF Mixing Arm을 Metal Main Rotor Housing에 고정
4. SF Mixing Arm	- Linkage Rod Swash Plate와 Main Rotor Holder를 연결
5. Flybar Rod	- Paddle의 결합 거리 조절 및 Paddle 고정
6. Swash Plate Inner Part Ball	- Main Shaft에 Swash Plate의 결합 거리 고정
7. Metal Washout Base	- Main Shaft에 Washout Control Arm의 결합 거리 고정
8. Washout Control Arm	- Radius Arm을 고정
9. Main Shaft	- Metal Main Rotor housing의 고정 - Metal Washout Base와 Swash Plate Inner Ball의 거동 축
10. One Way Bearing HF1216	- Main Rotor Shaft에 고정 - Main Drive Gear로부터 전달받은 동력을 Main Shaft에 전달 - 동력의 차단 시, Main Drive Gear와 Main Shaft 차단
11. One Way Bearing Shaft	- One Way Bearing을 Main Shaft에 위치 고정 - 동력 전달
12. Main Gear Case	- Main Drive Gear와 One way Bearing을 결합

3.2 RC 헬리콥터의 재구성

앞 절에서 거론한 내용은 RC 헬리콥터 시스템을 구성하고 있는 반제품을 기능적 분류하여 구성한 스켈톤(Skelton) 구조이다. 이러한 구조는 반제품(Semi-Product)을 구성하는 반하위 제품(Semi Sub Product)의 기능성은 배제되어 있다.

본 연구에서 사용한 CAD 소프트웨어인 CATIA에서는 이와 같은 스켈톤 구조를 사용할 수 없다. 왜냐하면 CATIA에서는 제품에서 사용하는>Loading) 모든 제품과 부품들을 같은 레벨(Level)로 간주한다. 결과적으로 제품을 구성하는 어려움이 있고 기구학적인 시뮬레이션을 이용하여 운동학적(Kinematic) 해석을 할 수 없게 된다. CATIA에서 이러한 문제를 해결하기 위해서 다음과 같이 재구성하였다. Fig 18.

- 1) 모든 구성을 3 단계로 구성한다.
- 2) 레벨1은 피쳐 기반 설계된 부품으로 구성한다.
- 3) 구조적 반제품의 하위 반제품들을 모두 레벨 2로 모두 구성한다.
- 4) 레벨 3은 레벨 2의 반제품들로 구성한다.

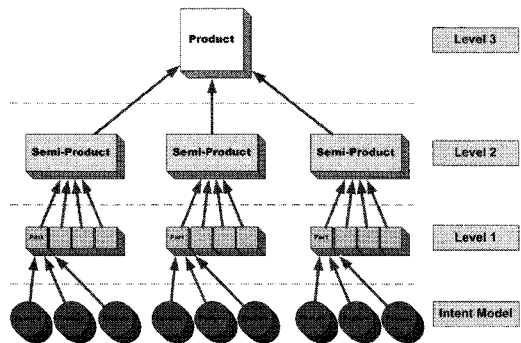


Fig 18. Product level diagram

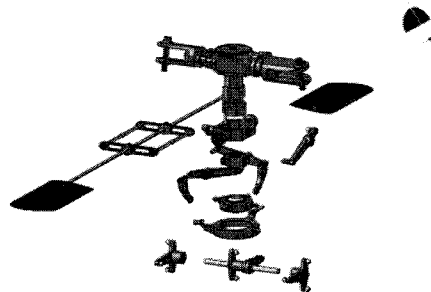


Fig 19. Reorganization main rotor system model

이러한 방법에 의거하여 RC 헬리콥터는 총 33개의 반제품으로 구성하였다. 모든 반제품은 레벨 1인 부품들로 구성하여 생성된 레벨 2이며 이름 앞에 스켈톤 구조를 의미하는 이름을 명명하여 구분될 수 있게 하였다.

재구성된 주로터 시스템은 12개의 반제품으로 구성되며 Fig 19. 주기어는 3개, 주 프레임은 2개, 주축은 1개, 꼬리기는 9개, 제어 유닛은 6개의 반제품으로 구성되었다. 자세한 세부 구성 부품에 대한 설명은 생략하기로 한다.

3.3 제품 형상 오차 탐지

부품 모델들은 제품 모델을 고려하여 설계되어진다. 그러나 부품 모델의 수가 증가 할수록 그 복잡도 역시 증가하여 정확한 결합이 이루어졌는지 단품의 설계가 올바르게 되었는지 등에 대한 검증이 필요하게 된다. CATIA에서는 이런 문제들의 발생 여부를 효과적으로 설계자에게 제공하기 위하여 디지털 목업 공간 충돌 검사(DMU Space Clash Check)를 지원한다. 이 기능을 이용하여 RC 헬리콥터의 총 354개 부품 모델의 모든 접촉, 충돌, 간격(Contact, Clash, Clearance)을 확인 하였다. Fig 20.

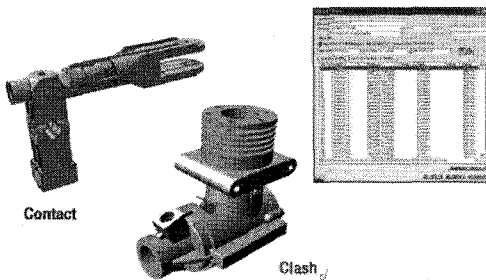


Fig 20. Example of contact and clash

3.4 RC 헬리콥터 제품 변수 맵핑

반제품이나 부품 모두 각각 내부적으로 같은 치수를 공유하는 부분들이 존재한다. 그렇기 때문에 부품들 사이에 변수 맵핑이 우선적으로 이루어져야 한다. 변수 맵핑은 반제품에 동일 치수를 제어하기 위한 변수들을 생성하고 해당 부품들의 변수에 동일 치수를 제어하기 위한 반제품의 변수들을 맵핑을 하는 것으로 완료되어진다 Fig 21.

본 논문에서는 시스템에서 중요하다고 생각되는 부분에 대해서만 변수 맵핑을 시도하였다. 주

로터 하우징(Housing)과 그립(Grip)의 위치와 형상을 제어하는 변수들을 생성하여 로터 블레이드(blade)가 헬리콥터에서 회전하는 위치를 제어할 수 있도록 하였다. 또한 주 프레임의 폭과 꼬리 boom) 형상을 제어하는 변수를 생성하여 주 프레임의 두께를 제어하고, 꼬리기어 박스의 거리를 제어 할 수 있도록 하였다 Table 8.

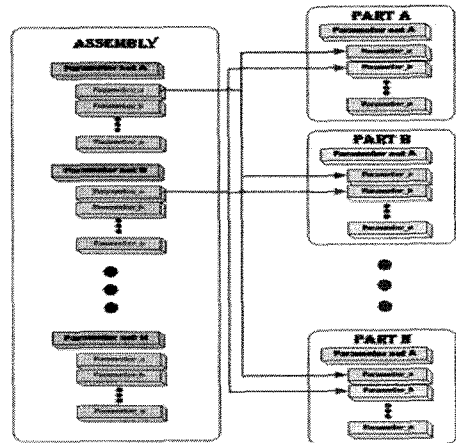


Fig 21. Parameter mapping diagram

Table 8. Parameter list for automatic configuration

Main_Rotor_Housing_Position_Control	1. Public_Add_Height
Main_Rotor_Housing_Unit_Shape_Control	2. Local_Add_Height_A 3. Local_Add_Height_B
Main_Rotor_Grip_Shape_And_Position_Control	4. Public_Add_Height_A 5. Local_Add_Height_A 6. Local_Add_Height_B
Main_Frame_Width_Control	7. Public_Add_Width 8. Local_Add_Height_A 9. Local_Add_Height_B
Tail_Boom_Bar_Shape_Control	10. Public_Add_Width
Battery_Spec	11. Local_Add_Width 12. Local_Add_Length 13. Local_Add_Height 14. Local_Add_Fillet_Radius_A 15. Local_Add_Fillet_Radius_B 16. Local_Add_Fillet_Radius_C

주 프레임은 폭 변경의 경우만을 Fig 22와 Table 9에 나타내었다. 주 프레임은 결합되는 주변 부품들에 의하여 폭이 결정되어지므로 Table 8에

서 볼 수 있듯이 하나의 변수 (Public_Add_Width) 를 변경함으로써 금속 베어링 블록(Metal Bearing Block), 건전지 지지대(Battery Mount), 반회전 브래킷(Anti Rotation Bracket) 등 많은 부품들의 변수 폭도 같이 자동 변경되도록 하였다. 타 반제품에 대한 변수 변경 설명은 생략하기로 한다.

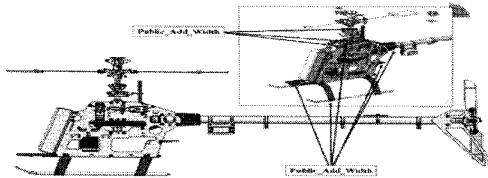


Fig 22. Modification of main frame width

Table 9. Main frame width parameter

Metal_Bearing_Block\MBB_Add_A\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Battery_Mount\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Anti_Rotation_Bracket\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Gyro_Mount\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Bottom_Bracket\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Motor_Mount\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Control_Shaft\CS_Add_A\SF_B_a =
40mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Frame_Mounting_Bolt\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Tail_Boom_Case_L\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Tail_Boom_Case_R\Temp\SF_A_a =
23.5mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width
Standard_Landing_Skid\Temp\SF_A_a =
28mm + Main_Frame_Width_Control\Public_Add_Width

IV. 자동 형상 변경 시 무게중심 추적

4.1 부분별 형상 변경 시 CG 점 추적 결과

RC 헬리콥터의 기준 위치는 브래킷(Bracket) 밑의 축을 기준으로 하여 측정하였다. Fig 23.에서 볼 수 있는 것과 같이 무게중심점(CG: Center of Gravity) 도 CATIA를 사용하여 브래킷(Bracket) 밑의 축을 기준으로하여 Gx, Gy, Gz로 계산된다.

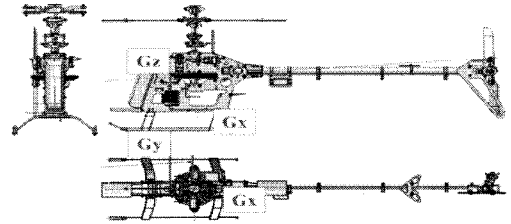


Fig 23. CG point reference axis and CG point

주로터 하우징(Housing)의 결합 위치를 변경하여 얻은 CG 점의 변화를 계산하였고 또한 형상을 변경하여 CG 점의 변화를 계산하여 Table 10.과 Fig 24.에 나타내었다.

또한 주로터 그립(Grip)의 결합 위치와 형상을 변경하여 얻은 CG 점의 변화, 주 프레임의 폭을 변경하여 얻은 CG 점의 변화, 꼬리boom 막대(Tail Boom Bar)의 길이를 변경에 따른 CG 점의 변화에 대하여도 계산을 수행하였으나 여기서는 생략하기로 한다.

Table 10. CG point data (Case 1, Case 7 ~ Case 12)

	Gx	Gy	Gz
CASE 1	63.25	0.917	107.581
CASE 7	63.251	0.916	107.978
CASE 8	63.252	0.915	108.38
CASE 9	63.254	0.914	108.785
CASE 10	63.251	0.916	108.181
CASE 11	63.252	0.915	108.785
CASE 12	63.254	0.914	109.392

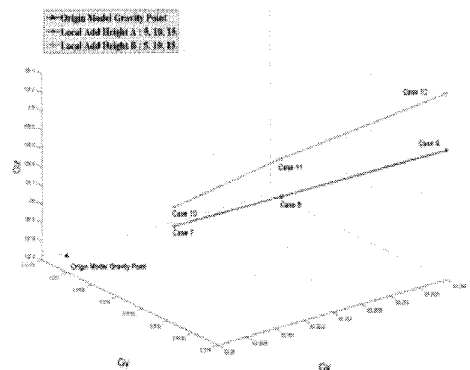


Fig 24. Case 7 ~ Case 12 CG point movements

4.2 배터리형상 변경 시 CG점 최적화

비행시간을 늘리기 위하여 배터리의 용량을 증가 시키려면 그 부피와 무게도 증가할 수밖에 없다. 본 연구에 사용한 Align사의 Trex 600은 배터리의 탑재 위치를 전면부로 설정하여 RC 헬리콥터를 설계하였기 때문에 배터리의 크기와 무게는 RC 헬리콥터의 비행 성능에 관여하게 된다. Fig 25.는 배터리의 탑재 위치와 서로 다른 2 종류의 배터리를 보여주고 있다.

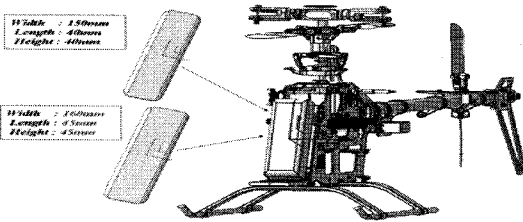


Fig 25. Battery shape change

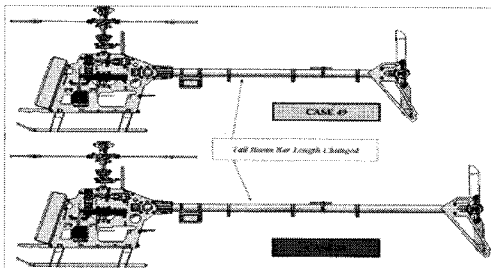


Fig 26. Tail boom bar length change

Gx, Gy, Gz의 값이 모두 변하지만 꼬리 붐 막대의 길이를 변형시켜서 Gx의 값이 최초의 값에서 ±0.01mm 범위내에서 움직이는 것을 목표로 하였다. Fig 26.은 배터리의 크기가 변경되어 전체적인 CG 점이 앞으로 이동되는 것을 원래의 위치로 보정시키기 위하여 꼬리 붐 막대의 길이가 증가된 헬리콥터와 변경 전의 헬리콥터를 보여주고 있다. 배터리는 폭 10mm, 길이 5mm, 높이 5mm 만큼 증가 시켰다. 변경된 배터리의 규격에 의해 CG 점이 이동된 것을 꼬리 붐 막대의 길이를 30mm 만큼씩 증가시켜 Gx의 증가값이 보상되는 꼬리 붐 막대 길이를 찾아보았다. Fig 26. Fig 27.은 꼬리 붐 막대의 증가값이 194mm 인 CASE 59가 되었을 때 Gx의 값이 63.259로 ±0.01mm의 범위에 있는 것을 찾아내었다. 표. 4.9는 상세 값들을 나타낸다.

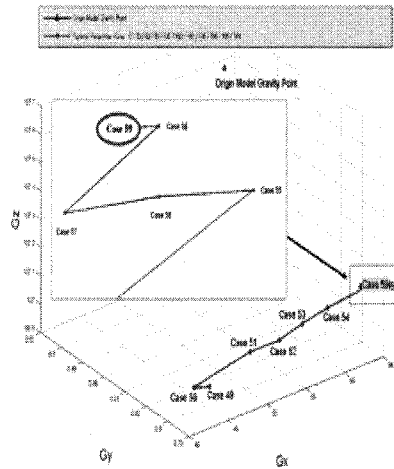


Fig 27. Case 49~Case 59 CG point movements

Table 11. CG point movements(Case 1, Case 49 ~ Case 56)

	Gx	Gy	Gz
CASE 1	63.25	0.917	107.581
CASE 49	44.851	0.796	106.979
CASE 50	42.562	0.794	107.007
CASE 51	50.322	0.798	107.035
CASE 52	53.133	0.791	107.063
CASE 53	55.903	0.79	107.091
CASE 54	58.903	0.788	107.119
CASE 55	61.861	0.786	107.146
CASE 56	62.369	0.786	107.151
CASE 57	62.859	0.786	107.155
CASE 58	63.359	0.786	107.158
CASE 59	63.259	0.786	107.159

V. 결론

본 연구에서는 부품 및 제품 모델의 변수 설계를 위한 기법에 대해서 정리하고 RC 헬리콥터에 적용하였다. 그리고 형상 변경 시 발생 할 수 있는 오류 검출 스크립트(Script)를 추가하여 형상 설계의 실수를 사전에 예방 할 수 있도록 하였다.

모든 부품 모델에 변수 설계를 적용하여 전체 모델을 구성함으로써 CATIA에서 기구학적으로 검증 할 수 있는 모듈인 운동학 시뮬레이션(Kinematic Simulation)과 조립 과정을 검증 할 수 있는 모듈인 조립(Fittings), 그리고 조립 해석(Assembly Analysis) 작업도 수행하였다.

기존의 변수 설계 개념을 확장하여 부품 모델 단계에서만 적용되는 단순 변수 설계를 제품 모델 단계까지 확대 적용하여 부품 모델의 형상 변경 시 주변의 연관 부품 모델까지 동시에 변경시킬 수 있는 기법에 대해서 연구를 수행하였다. 또한 RC 헬리콥터를 대상으로 제품 모델에서의 변수 설계를 적용하고 변수 값을 변경하여 59가지 경우로 형상을 빠르게 변경시켰으며 변경된 형상에 따른 CG 점을 추적하였다. 또한 배터리 형상 변경에 의해서 CG점이 이동 되었을 때 주 회전축으로 Gx의 위치를 다시 이동시키기 위하여 빠르게 꼬리 붐의 형상을 변경시켜가면서 최초의 CG 점 위치에서 오차범위 $\pm 0.01\text{mm}$ 내로 이동시키는 과정을 나타내었다.

추후, 설계자가 원하는 CG 점을 찾기 위하여 값을 순차적으로 증가시켜 원하는 범위로 CG 점을 이동 시켰던 과정을 알고리즘화 시키는 연구를 수행하여 설계자가 원하는 좌표를 입력하면 자동으로 그에 상응하는 형상으로 변경될 수 있도록 하는 연구가 수행되어야 한다. 또한 사용자가 엑셀(Excel) 데이터를 이용하여 형상 데이터를 추가 했던 비효율적인 방법을 사용자 환경(User Interface)을 만들어서 CAD 프로그램에 익숙하지 않은 사용자도 쉽게 헬리콥터 자동형상 설계를 할 수 있도록 하는 연구가 진행 되어야 한다. 그리고 웹(Web)에서 다중 사용자가 각각의 모델을 생성할 수 있도록 하는 연구와 다중 사용자가 생성한 형상들을 자동으로 분석하여 형상에 대한 연구를 공유할 수 있도록 하는 웹 기반 프로그램에 대한 연구를 수행 하고자 한다.

후 기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소 지정 비행체특화연구센터의 지원으로 수행되었으며, 이에 대해 깊이 감사드립니다. (계약번호 UD070041AD)

참고문헌

- [1] <http://www.quickmba.com/marketing/product/lifecycle>
- [2] 이재열, 김광수, "파라메트릭 접근방법에 의한 특

- 징형상을 이용한 모델링" CAD/CAM학회 논문집, 제 1권 제 3호 pp242-256, 1996
- [3] A. R. Grayer, "A Computer Link Between Design and Manufacturing Planning", PhD Thesis, University of Cambridge, UK, sep. 1996.
- [4] 명세현, 한순홍, "기능특징을 이용한 파라메트릭 형상 설계", CAD/CAM학회논문집, pp179-186, 1997
- [5] 강희석, "파라메트릭의 한계를 극복하는 하이브리드 모델링(Hybrid Modeling)", CAD/CAM 학회 3권 3호 pp46-50, 1997
- [6] LaCourse Donald E. (Editor in Chief), "HandBook of Solid Modeling", McGraw Hill, New York, USA, 1995
- [7] Chua C. K. and Lye S. L, "Parametric Modeling of Drinking Bottles", Integrated manufacturing Systems, V.9, No 2, pp99-108, 1998
- [8] 박상봉, "에어 인테크 호스의 금형 가공에 있어서 3차원 파라메트릭 모델링 적용(1)", CAD/CAM 학회 학술발표 논문집, pp194-200, 1997
- [9] 김흥기, "금형 부품 CAD 모델의 자동 생성을 위한 테이블 파라메트릭 방법", 석사 학위 논문, 한국과학기술원, 2003
- [10] 전용태, "자동차 산업의 Digital Mock-Up (DMU) 기술 현황", CAD/CAM 학회 9권 제 1호, pp26-30
- [11] Align Cooperation Homepage, "http://www.align.com.tw/html/en/e_company.htm"
- [12] Hacker Motor Cooperation Homepage "http://www.hackerbrushless.com/motors_c50.shtml"
- [13] 민승재, "이상적인 설계시스템-자동화와 유연성 확립을 병행" 한국 CAD/CAM 학회지, pp17-23, 2005
- [14] Joe Konecny, "Knowledgware in Aircraft Design"http://www.vought.com/ntcoe/data/presentation_konecny_111105.pdf, North Texas RUG Meeting, 2005
- [15] CATIA® Documentation R14