

부품 형상 정보 모델 기반의 자전거 편집설계 방법

이재선*, 김병철**, 이한민***, 박성환***, 명병수*.#, 문두환*

*경북대학교 정밀기계공학과, **동아대학교 기계공학과, ***한국기계연구원

Method of Bicycle Configuration Design Based on Part-Shape Information Model

Jaesun Lee*, Byung Chul Kim**, Hanmin Lee***, Seong Whan Park***, Byung Soo Myung*.#, Duhwan Mun*

*Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University,

**Department of Mechanical Engineering, Dong-A University,

***Mechanical Systems Safety Research Division, Korea Institute of Machinery & Materials.

(Received 5 December 2015; received in revised form 9 December 2015; accepted 11 December 2015)

ABSTRACT

The core activities of a bicycle manufacturer are design, engineering analysis, and manufacturing. Therefore, it is important to develop a configuration design system for bicycles in order to automate the design process and facilitate the use of design data in engineering analysis and manufacturing. In this paper, we present a method to develop a bicycle configuration design system based on the part-shape information model. The proposed method enables the construction of a CAD library using modeling functions with equations and parameters that are common to most 3D mechanical CAD systems. Furthermore, the part-shape information model ensures the independence between the configuration design system and the library, making it possible to extend the CAD library flexibly without changing the system architecture.

Key Words : Bicycle Design(자전거 설계), Configuration Design System(편집설계 시스템), CAD Library Construction(CAD 라이브러리 구축), Parametric Modeling(파라메트릭 모델링), Part Shape Information Model(부품 형상 정보 모델)

1. 서 론

국내 자전거 제조업체는 선진 업체에 비해 규모가 영세하고 설계, 생산 및 연구개발 능력이 부족하여 신제품 개발이나 해외 시장 진출에 많은 어려움을 겪고 있다^[1]. 설계 지식을 전산화한 자전거 편

집설계 시스템을 개발하면 설계 과정을 자동화할 수 있고 구조 해석이나 시제품 제작 과정에서 활용이 가능하다. 이는 국내 자전거 제조업체의 개발 역량을 강화하는데 도움이 된다.

현재 판매되고 있는 상용 자전거 편집설계 시스템은 BikeCAD^[2], RattleCAD^[3], Linkage^[4] 등이 있다. 이 시스템들은 부품 치수 변경, 규격 부합 검사, 기구학 해석 기능을 제공 한다. 그러나 이 시스템들은 2D CAD 모델 기반의 편집설계 시스템이어서, 구조해석이나 시제품 제작 등을 지원하는데 한계가

Corresponding Author : bsmmyung@knu.ac.kr
Tel: +82-54-530-1275, Fax: +82-54-530-1278

있다. 따라서 3D CAD 모델 기반의 편집설계 기능^[5]을 제공하는 자전거 설계 자동화 시스템 개발이 필요하다.

편집설계 시스템에서 사용자는 라이브러리를 검색하여 적합한 콘텐츠(CAD 모델)를 찾은 후 설계 요구에 따라 CAD 모델을 변경한다. 따라서 편집설계를 위해서는 설계 변경이 가능한 파라메트릭 CAD 모델이 제공되어야 한다^[6-9]. 하지만 CAD 라이브러리 구축을 위한 기존 방법들을 사용하여 하나의 CAD 모델에서 부품의 다양한 설계 변경 조건을 가지는 자전거 CAD 모델을 생성하는데 한계가 있다. 그리고 편집설계 시스템과 CAD 라이브러리 간의 독립성을 확보하는데 한계가 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해서 자전거 CAD 라이브러리 구축하는 방법과 부품 형상 정보 모델에 기반한 자전거 CAD 라이브러리를 제어하는 방법에 관한 연구^[10]를 선행하였다. 선행 연구를 통해서 자전거 CAD 라이브러리 구축에 필요한 약 천만개의 CAD 단품 모델을 6개로 줄일 수 있었다.

선행 연구에서 개발한 자전거 CAD 라이브러리 제어 방법을 활용하여 부품 형상 정보 모델을 기반으로 자전거의 편집설계를 수행하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법을 바탕으로 편집설계 시스템을 설계한 후 요소 기능을 개발하여 프로토타입 시스템을 구현한 결과를 설명한다. 그리고 프로토타입 편집설계 시스템의 구현과 자전거 편집설계를 위한 CAD 조립체 모델의 변경 실험을 통해 제안하는 편집설계 방법을 검증한 결과를 제시한다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 절에서 편집설계용 CAD 라이브러리 구축하는 방법과 편집설계 시스템 개발에 관한 기존 연구들을 살펴본다. 3 절에서 부품 형상 정보 모델을 활용한 편집설계 기술을 제안한다. 4 절에서 자전거 편집설계 시스템의 요구 기능 분석 및 기본 설계 결과를 설명한다. 5 절에서 자전거 편집설계 시스템을 구현하고 자전거 부품의 CAD 모델에 대한 편집설계 실험의 수행결과를 제시한다. 마지막으로 6절에서 결론을 맺고 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

문두환 등^[11]은 e-Catalog 시스템에서 금형 CAD 모델을 자동 생성하기 위해서 CAD 시스템에서 제공하는 파트 패밀리 기능을 활용하여 테이블 파라메트릭 모델을 정의한 후 설계 파라미터 세트를 이용하여 설계 치수를 변경하는 방법을 제안하였고 폴드베이스 전자 카탈로그 시스템을 구현하였다.

이강수 등^[12]은 고체 추진기관의 기본 설계를 위해서 CAD 라이브러리를 구축하였다. 부품들간의 조립과 관련되는 상관 치수의 경우, 부품 CAD 모델에서 동일한 파라미터를 사용하여 한 설계 치수가 변경될 경우 관련된 부품 CAD 모델들이 자동으로 변경될 수 있도록 하였다.

장석 등^[13]은 전투기의 구성품을 Font Body, After Body, Wing, Horizontal Tail, Vertical Tail, Canopy, Nozzle로 구분한 후 각각의 부품에 대한 CAD 모델을 생성하였다. CAD 모델의 생성을 위해서 파라미터와 수식을 이용한 기본 파라메트릭 모델링 기능을 사용하였다.

이상현 등^[14]은 금형 설계 지원 시스템을 개발하기 위해서 CAD 시스템의 파트 패밀리 기능을 사용하여 금형 부품에 대한 CAD 라이브러리를 구축하였다. 그리고 온톨로지 기반으로 부품의 설계 치수 등을 명세하여 설계 변경에 활용할 수 있도록 하였다.

박병진 등^[15]은 최적화 기법을 적용한 댄퍼 스프링의 설계 자동화를 위해서 파라메트릭 CAD 모델을 생성하였다. 댄퍼 스프링의 CAD 모델 생성 시, 스윕 곡면 (swept surface)의 스케치 및 궤적 곡선을 파라미터와 수식을 이용하여 모델링하였다.

Lin과 Hsu^[16]는 인발 금형 (drawing die) 자동화 설계 시스템의 개발을 위해서 금형 부품의 CAD 라이브러리를 구축하였다. 파라메트릭 CAD 모델의 생성을 위해서 3D 기계 CAD 시스템인 CATIA V5의 파트 패밀리 기능을 사용하였다. CAD 라이브러리 구축 시, 설계 프로세스 모델링 (design process modeling)를 통해 분석된 각 부품의 치수, 부품들간의 위치 관계 등을 활용하여 CAD 모델의 주요 파라미터를 결정하였다.

Liu과 Xi^[17]는 하향식 설계 (top-down design) 방법을 사용하여 터테이블의 3D CAD 조립체 모델링을 하였다. 터테이블의 개념 레이아웃을 정의하여

구성 부품들 간의 연관 관계를 표현함으로써 단품의 변경에 따라 조립체가 자동으로 변경될 수 있도록 하였다. 하향식 모델링 기법을 활용한 CAD 모델 생성은 다른 연구들^[18,19]에서도 찾아볼 수 있다.

조병철 등^[20]은 차체 조립용 용접 지그 설계 전용 시스템을 개발하기 위해서 자주 사용되는 표준화된 부품들에 대해서 표준 부품 라이브러리를 구축하였다. 표준화된 부품들 간의 간섭 처리 문제를 해결하기 위해서 CAD 시스템에서 제공하는 파라미터 수식을 이용하여 해결하였다.

지금까지 살펴본 연구들을 일반적인 파라메트릭 모델링 기능을 사용하여 CAD 모델의 수를 줄이는데 한계가 있거나 부품 형상에 관한 정보를 재활용하기 어려운 문제점이 있다. 파트 패밀리 기능 및 조건식 처리 기능 등을 활용하여 CAD 모델의 수를 절감한 연구들^[11,14,16]의 경우, 상업용 기계 3D CAD 시스템들이 제공하는 특수 기능(예로, CATIA V5의 Design Table과 Knowledge Advisor)을 사용하였다. 그러나 이 과정에서 부품의 형상 제어에 관한 정보가 CAD 모델 안에 저장되어 재활용성이 떨어지게 된다.

3. 부품 형상 정보 모델을 활용한 편집설계 기술

3.1 부품 형상 정보 모델의 정의

자전거의 부품 형상에 관한 정보를 명세하기 위해서 정보 모델은 Fig. 1과 같이 정의하였다^[10]. 부품 형상 정보 모델은 CAD 조립체 파일과 CAD 단품 파일들의 목록, 제품 레이아웃, 부품별 바디 목록, 바디별 치수 파라미터 목록, 부품별 형상 옵션 목록의 명세가 가능하다.

자전거 부품형상 정보는 CAD 파일 정보(Fig. 1(a))와 부품 정보(Fig. 1(b))로 구분된다. CAD 파일 정보는 자전거의 CAD 모델을 로딩(loading)하는데 필요한 자전거 CAD 조립체 파일 정보(Fig. 1(a-1))와 부품 CAD 단품 파일(Fig. 1(a-2)) 정보를 담고 있다.

부품 정보는 부품 공통 정보(Fig. 1(b-1))와 부품 고유 정보(Fig. 1(b-2))로 구분된다. 부품 공통 정보

는 제품 레이아웃 모델에 해당된다. 부품 공통 정보의 구조는 바디(body_item)정보와 바디 정보에 포함된 파라미터 정보(parameter_item)로 구성된다. 바디 정보는 바디 이름(name), 바디 옵션 타입(type), 바디 옵션에 관련된 대상 바디(reference), 바디 옵션의 선택 값(value)을 속성으로 갖는다. 파라미터 정보는 파라미터 이름(name), 파라미터에 대응되는 CAD 모델 내 치수 파라미터의 주소(address), 초기 파라미터 값(parameter)을 속성으로 갖는다.

부품 고유 정보는 하위 부품 정보(sub_part_item)를 가진다. 하위 부품 정보란 프레임의 헤드튜브, 탑 튜브와 같이 부품의 구성 요소별로 부품의 형상 정보를 그룹핑한 것이다. 하위 부품 정보는 바디 정보(body_item)와 옵션 정보(option_item)로 구성된다. 바디 정보는 부품 공통 정보의 바디 정보 구조와 동일하다. 옵션 정보(option_item)는 옵션 이름(name), 옵션 타입(type), 사용자가 선택한 옵션 값(value), 옵션과 관련된 대상 바디 이름(target)을 속성으로 갖는다.

3.2 CAD 모델의 형상 변경 방법

자전거를 구성하는 부품들 간에는 공간 배치, 물리적 체결, 그리고 기능 측면에서 다양한 연관관계를 가진다. 예를 들어, 프레임의 시트 튜브의 위치와 지름이 변경되면 시트 포스트의 위치와 지름도 같이 변경되어야 한다. 이 연구에서는 자전거 부품들의 공통적인 정보(각 부품들의 위치와 방향, 부품들 간의 체결과 관련된 치수 파라미터 및 옵션)를 분석하여 제품 레이아웃을 정의하여 한 부품의 변경에 따라 영향을 받는 다른 부품들을 자동적으로 변경할 수 있도록 하였다. 부품 형상 정보 모델의 부품 공통 정보(product_layout_info)에 자전거 레이아웃 정보가 저장된다.

기계 3D CAD 시스템에서 치수와 수식을 이용한 일반적인 파라메트릭 모델링 기법을 사용할 경우 부품의 다양한 설계 변경 조건을 만족시키는 CAD 모델을 생성하는 것은 현실적으로 매우 어렵다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 CAD 단품 파일 내에서 여러 개의 바디(body)로 분할하여 모델링을 한 후 사용자 선택한 옵션 값에 대응되는 바디는 활성화하고 그 외의 바디는 비활성화하는 방법을

개발하였다. 부품 형상 정보 모델의 바디 정보 목록(body_list)와 옵션 정보 목록(option_list)에 CAD 단품 파일 내에 존재하는 바디 목록과 사용자가 선택 가능한 옵션 목록이 각각 저장된다.

부품 형상 옵션은 Fig. 2와 같이 Selection 타입, Creation 타입, Operation 타입으로 구분된다. Selection 타입은 다시 one_of, num_of, case_of 타입으로 분류된다. Creation 타입으로는 on_off가 있다. 마지막으로 Operation 타입으로는 symmetry_of가 있다. Selection 타입은 여러 개의 바디 중에서 한 개 또는 여러 개의 바디를 활성화하고 나머지는 비활성화하는 옵션이다. Creation 타입은 특정 바디를 활성화 및 비활성화 하는 옵션이다. Operation 타입은 참조

(reference) 바디와 대상 (target) 바디의 대칭 여부를 설정하는 옵션이다.

핸들 바 부품 사례를 통해 부품 형상 정보 모델을 이용한 3D CAD 모델의 형상 변경 방법을 설명한 그림이 Fig. 3과 같다. 핸들 바 옵션은 one_of 타입에 해당이 된다. one_of 타입의 경우, 사용자가 선택한 옵션에 해당되는 바디는 활성화하고 옵션과 관련된 다른 바디들은 모두 비활성화 한다. 예를 들어, 사용자가 handlebar_type 옵션으로 drop_bar_egro를 선택하면 option_value에 바디 이름인 drop_bar_egro 가 저장된다. 그리고 옵션과 관련된 다른 바디들은 모두 비활성화한 후에 사용자가 선택한 바디는 활성화 한다.

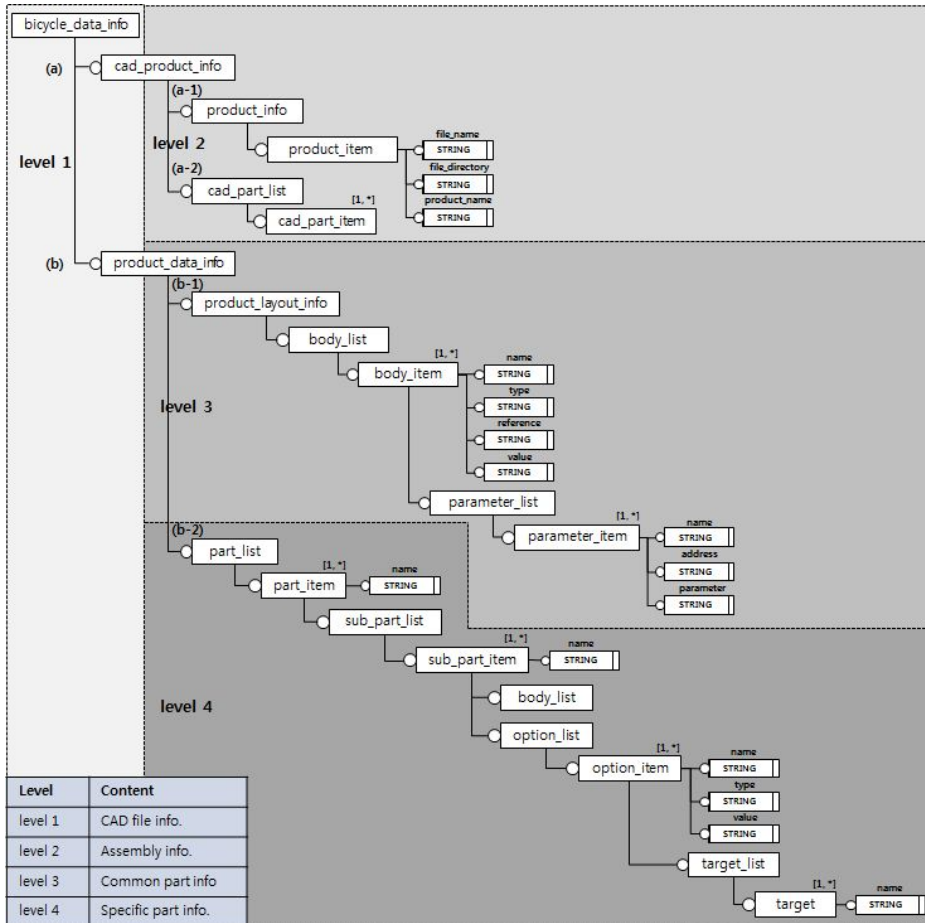


Fig. 1 Part shape information model for a bicycle

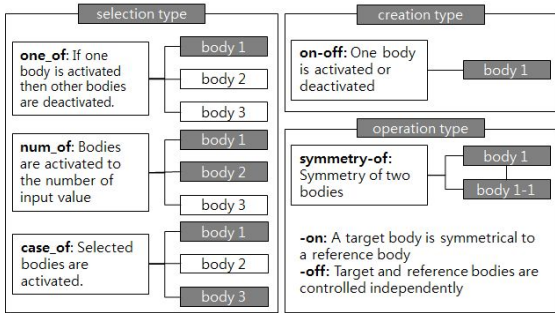
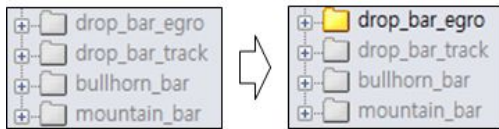


Fig. 2 Types of part shape options^[10]

```

- <option_item>
  <option_name>handlebar_type</option_name>
  <option_type>one_of</option_type>
  <option_value>drop_bar_egro</option_value>
  - <target_list>
    <target>drop_bar_egro</target>
    <target>drop_bar_track</target>
    <target>bullhorn_bar</target>
    <target>mountain_bar</target>
  </target_list>
    
```

(a) Option information for handlebar part



(b) Processing handlebar option in a CAD model

Fig. 3 Change of a CAD model using the part shape information model

3.3 편집설계를 위한 사용자 인터페이스의 동적 생성

부품 형상 정보 모델은 편집설계 대상 제품 및 제품을 구성하는 부품에 대한 주요 형상 옵션 및 파라미터 정보를 담고 있다. 사용자가 편집설계 과정에서 변경이 가능한 부품의 옵션 및 파라미터는 부품 형상 정보 모델에 따라 달라진다. 따라서 부품 형상 정보 모델로부터 자전거 부품별 주요 형상 정보를 입력 받아 사용자에게 부품별로 변경 가능한 형상 옵션 및 치수 파라미터를 시스템 화면에 동적으로 전시해야 한다.

부품 형상 정보 모델을 이용한 편집설계 인터페이스의 동적 생성 방법은 다음과 같다. 자전거 부품에 관한 정보는, Fig. 4(a)와 같이, 부품 형상 정

보 모델의 CAD 단품 파일 정보에서 얻을 수 있다. CAD 단품 파일 정보로부터 얻은 자전거 부품의 수와 부품 정보를 이용하여 자전거 부품 정보를 동적으로 생성할 수 있다. 하위 부품에 관한 정보는, Fig. 4(b)와 같이, CAD 단품 파일 정보의 식별 이름(part name)으로 부품 고유 정보 목록을 검색하여 얻을 수 있다. 부품 고유 정보 목록으로부터 얻은 해당 부품에 대한 하위 부품의 수와 하위 부품 정보를 이용하여 하위 부품 정보를 동적으로 생성할 수 있다.

```

- <cad_part_list>
  - <cad_part>
    <file_name>frame.SLDPRT</file_name>
    <file_directory>C:\Temp\programming\Data</file_directory>
    <part_name>frame-1</part_name>
  </cad_part>
  + <cad_part>
  + <cad_part>
  + <cad_part>
  + <cad_part>
  + <cad_part>
  </cad_part_list>
    
```

(a) Part shape information model – CAD part file

```

- <part_item>
  <part_item_name>frame-1</part_item_name>
  - <sub_part_item_list>
    - <sub_part_item_name>head_tube</sub_part_item_name>
    + <option_list>
    + <body_list>
  </sub_part_item>
  + <sub_part_item>
  + <sub_part_item>
  + <sub_part_item>
  + <sub_part_item>
  + <sub_part_item>
  </sub_part_item_list>
  </part_item>
    
```

(b) Part shape information model – specific part data

```

- <option_list>
  + <option_item>
  - <option_item>
    <option_name>head_tube_type</option_name>
    <option_type>one_of</option_type>
    <option_value>head_tube_constant</option_value>
  - <target_list>
    <target>head_tube_constant</target>
    <target>head_tube_aero</target>
    <target>head_tube_variable</target>
  </target_list>
  </option_item>
  </option_list>
    
```

(c) Part shape information model – option data

```

- <body_list>
  + <body_item>
  - <body_item>
    <body_name>head_tube_constant</body_name>
    + <parameter_list>
    <body_type>none</body_type>
    <body_ref>none</body_ref>
    <body_value>none</body_value>
  </body_item>
  + <body_item>
  + <body_item>
  </body_list>
    
```

(d) Part shape information model – body data

Fig. 4 Use of the part shape information model for dynamic GUI creation

하위 부품에 관한 옵션 정보는, Fig. 4(c)와 같이, 하위 부품의 옵션 정보(option_item)로부터 얻을 수 있다. 그리고 하위 부품에 관한 바디 정보는 (body_item), Fig. 4(d)와 같이, 옵션 정보의 선택 값(option_value)으로 하위 부품의 바디 정보 목록(body_list)을 검색하여 얻을 수 있다. 옵션 정보(option_item)와 바디 정보(body_item)를 이용하여 옵션 및 파라미터 정보를 동적으로 생성할 수 있다.

4. 자전거 편집설계 시스템 설계

4.1 자전거 편집설계 시스템의 기능 요구 분석

부품 형상 정보 모델을 기반으로 한 자전거 편집설계 시스템을 설계하기 위해서 시스템 요구 사항을 분석하였다. 요구 사항을 분석한 결과, Table. 1과 같이 부품 형상 정보 검색, 3D CAD 모델 변경, 3D CAD 모델 가시화 기능으로 분류되었다.

부품 형상 정보 검색 기능을 제공하기 위해서 부품 형상 정보 모델을 사용자로부터 입력 받아 정보 모델을 읽은 후에 편집설계 시스템 내에 저장을 해야 한다. 그리고 사용자가 선택한 부품에 대해서 변경 가능한 옵션 및 파라미터를 검색하여 시스템 화면에 가시화해야 한다. 사용자에게 보다 편한 인터페이스를 제공하기 위해서 시스템 화면을 부품 정보 창, 하위 부품 정보 창, 옵션 및 파라미터 창, 도면 가시화 창으로 구성한다.

3D CAD 모델 변경 기능을 제공하기 위해서 사용자로부터 부품, 하위 부품, 옵션 값을 입력 받아 3D CAD 모델을 실시간으로 수정해야 한다. 그리고 사용자가 원하는 파라미터 값을 입력하거나 옵션을 선택하면 입력 내용에 따라 3D CAD 모델을 자동으로 변경해야 한다.

3D CAD 모델 가시화 기능을 제공하기 위해서 먼저 상업용 3D CAD 시스템과 연동하는 기능을 제공해야 한다. 그리고 부품 형상 정보 모델에 저장된 제품 관련 CAD 모델들의 로딩은 시스템 연동이 끝난 후에 자동으로 실행이 되며 로딩 후 화면에 편집설계 대상 제품에 대한 3D CAD 모델이 가시화 된다.

Table 1 Functional requirements of a bicycle configuration design system

Requirement	Detail requirement	Description
Retrieving part shape information	Loading part shape information model	Reading a part shape information model file and saving modeling data in an internal data structure
	Displaying part shape information	Displaying various GUIs: part window, sub-part window, option and parameter window, and drawing image window
Changing 3D CAD model	Option change	Selecting a part and its sub-part, and then a desired option in the list
	Parameter change	Inputting parameter values
Visualizing 3D CAD model	Linking to a 3D CAD system	Linking to a CAD system in order to load 3D CAD assembly and part models
	Basic CAD model manipulation	Zoom-in, zoom-out, panning, and rotating
	3D CAD model visualization	Realtime visualization of 3D CAD models

4.2 자전거 편집설계 시스템의 유즈 케이스(use case) 정의

자전거 편집설계 시스템을 개발하기 위해서 앞에서 정의한 기능 요구 분석 내용을 바탕으로 시스템 사용 시나리오를 Fig. 5와 같이 정의하였다.

사용자는 먼저 부품 형상 정보 모델을 입력한 후에 상용 CAD 시스템과 연동하여 부품 형상 정보에 대한 CAD 모델을 불러온다. 편집설계 초기 환경이 구축이 되면 설계 의도에 따라서 부품, 하위 부품, 옵션 및 치수 정보를 입력하여 편집설계를 수행한다.

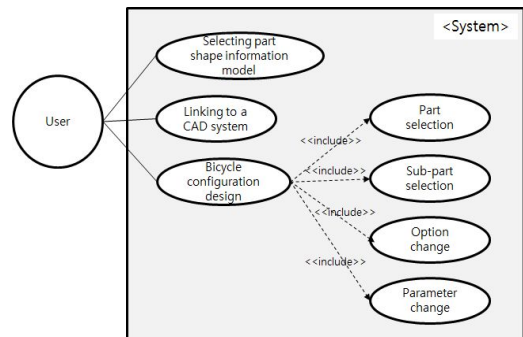


Fig. 5 Use case of a bicycle configuration design system

사용자 입력 기능은 부품 형상 정보 모델 선택, CAD 시스템 연동, 자전거 편집설계를 위한 부품 선택, 하위 부품 선택, 옵션 변경, 파라미터 변경으로 구성하였다. 부품 형상 정보 모델 선택은 기본 설계 정보 모델이 CAD 라이브러리의 확장으로 인해서 파일명이 수정되는 문제를 해결하기 위해서 사용자 입력 기능으로 정의하였다.

CAD 시스템 연동은 사용자가 설계 의도에 따라서 필요할 때 CAD 시스템을 연동하기 위해서 입력 기능으로 정의 하였다. 마지막으로 편집설계 수행은 사용자의 설계의도를 반영해야하기 때문에 입력 기능으로 정의하였다.

4.3 자전거 편집설계 시스템 구조 정의

정의한 유즈 케이스를 바탕으로 필요한 요구 기능을 분류하고 자전거 편집설계 시스템의 구조를 정의하였다. 시스템의 구조는 Fig. 6과 같이 데이터 인터페이스 계층(Data interface layer), 데이터 관리 계층(Data management layer), 응용 기능 계층(Application function layer)으로 구성된다.

데이터 인터페이스 계층은 Part Shape Data Reader와 SolidWorks Adapter로 구성된다. Part Shape Data Reader는 부품 형상 정보 모델을 로딩(loading)하는 기능을 제공하고 SolidWorks Adapter는 상용 CAD 시스템과 연동하여 CAD 모델 제어에 관련된 기능을 제공한다. 데이터 관리 계층은 Part Shape Data Manager로 구성되고 CAD 모델 정보 및 부품 형상 정보를 관리한다.

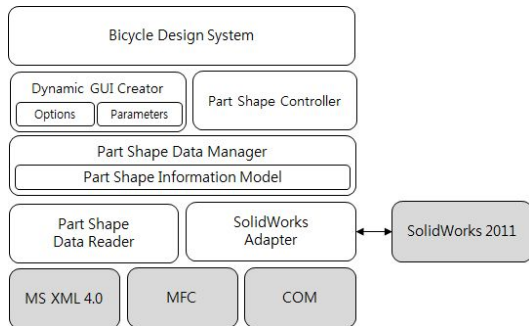


Fig. 6 System architecture of a bicycle configuration design system

응용 기능 계층은 Dynamic GUI Creator, Part Shape Controller, Bicycle Design System로 구성된다. Dynamic GUI Creator는 사용자 입력에 따라 해당하는 형상 정보를 시스템의 레이아웃에 동적으로 GUI를 생성하는 기능을 제공한다. Part Shape Controller는 사용자 입력 설계 값에 따라 부품별 형상 옵션을 식별한 후 CAD 시스템에서 제공하는 API(Application programming interface)를 사용하여 형상 및 파라미터를 변경하는 기능을 제공한다. 마지막으로 Bicycle System Manager는 전체 시스템을 관리한다.

4.4 자전거 편집설계 시스템 상세 설계

자전거 편집설계 시스템의 주요 구성요소들 간의 관계를 UML(Unified Modeling Language) 클래스 다이어그램으로 표현한 결과가 Fig. 7이다. 시스템의 중요 구성요소는 Bicycle Design System, Dynamic GUI Creator, Part Shape Data Manager, Part Shape Controller이다. 중요 구성요소들 간의 관계는 연관(association)관계로 표현된다.

자전거 편집설계를 위한 시스템의 초기 검색 화면을 구성하는 절차를 UML 시퀀스 다이어그램으로 표현한 것이 Fig. 8이다. 편집설계를 수행할 제품에 대한 부품 형상 정보 모델을 편집 설계 시스템에 입력(OpenDataModel함수)한다. 편집설계 시스템은 부품 형상 정보 모델을 입력 받으면 부품 형상 정보를 로딩(ReadDataModel함수)한다. 로딩이 끝나면 저장된 데이터를 이용하여 초기 검색 화면을 구성(Create함수)한다.

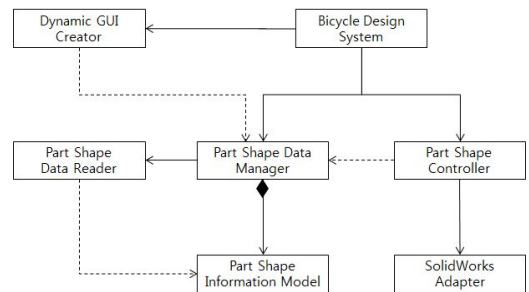


Fig. 7 Class diagram of a bicycle configuration design system

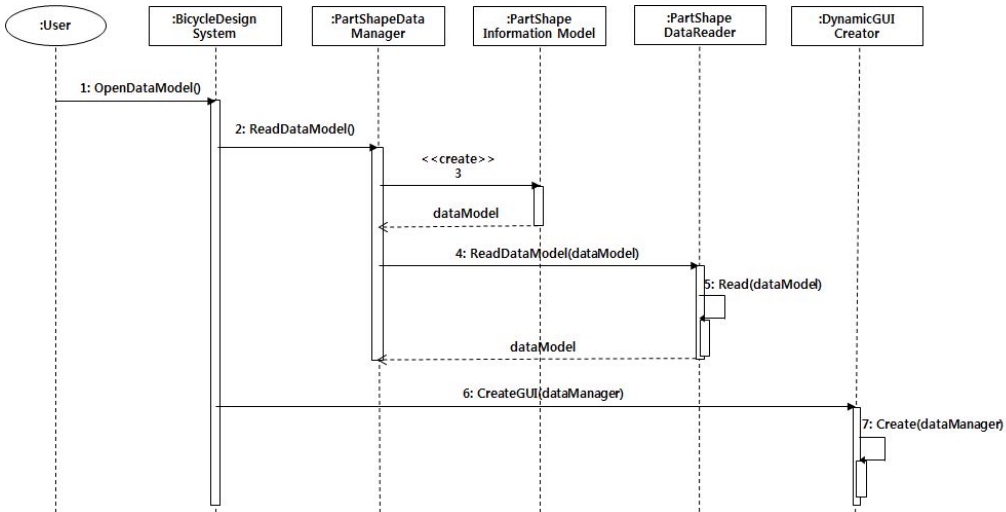


Fig. 8 Sequence diagram of a bicycle configuration design system

5. 자전거 편집설계 시스템 구현 및 실험

이 연구에서 제안하는 자전거 편집설계 방법에 따라 자전거를 구성하는 6개의 주요 부품들에 대한 CAD 단품 모델을 SolidWorks 2011을 사용하여 구축한 결과가 Fig. 9에 나타나 있다.

CAD 단품 모델은 기계 3D CAD 시스템에서 제공하는 일반적인 파라메트릭 모델링 기능인 치수와 수식만을 사용하여 모델링이 되었다. 구축 결과를 살펴보면 CAD 라이브러리를 구축할 때 기존의 방법으로는 수천만 개가 필요한 CAD 모델의 수를 6개로 줄일 수 있었다. 핸들과 스템의 경우 별도의 부품으로 취급하나 스템의 형상 변경이 많이 일어나지 않고 스템을 핸들과 체결하여 사용하기 때문에 두 부품을 하나의 CAD 단품 모델로 모델링을 하였다.

자전거 부품 CAD 단품 모델에 적용된 형상옵션을 정리한 결과가 Table 2이다. 휠을 제외한 모든 CAD 단품 모델에 부품형상 옵션이 적용되었다. 형상옵션 중에서 one_of 옵션이 다수 적용되었다. 뒷바퀴의 좌·우에 배치되는 체인 스테이와 시트 스템

이에는 symmetry_of 형상옵션이 적용되었다. 그리고 프레임의 보강을 위해서 탑 튜브나 헤드 튜브 등과 추가적으로 연결될 수 있는 시트 스템에는 case_of 형상옵션이 적용되었다. 리어 드롭아웃의 경우 아이렛(eyelet)의 개수를 변경할 수 있어 num_of 형상옵션이 적용되었다. 유사하게 크랭크의 경우 체인링의 개수 (chainrings_num)를 변경할 수 있어 num_of 형상옵션이 적용되었다. 특정 형상을 덧붙이거나 제거할 수 있는 시트 튜브, 리어 드롭아웃, 포크의 경우 on_off 형상 옵션이 사용되었다.

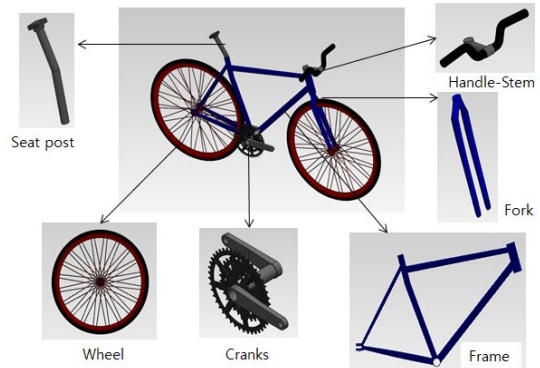


Fig. 9 Construction of bicycle CAD model library

Table 2 Part shape options of bicycle parts

Part	Sub part	Option type	Option name
frame	seat tube	selection type	one_of
		creation type	on_off
	top tube	selection type	one_of
	down tube	selection type	one_of
	head tube	selection type	one_of
	chain stay	operation type	symmetry_of
		selection type	one_of
	seat stay	operation type	symmetry_of
		selection type	case_of
	rear dropout	selection type	one_of
selection type		num_of	
creation type		on_off	
crank	-	selection type	one_of
		selection type	num_of
fork	-	selection type	one_of
		creation type	on_off
handle	-	selection type	one_of
seat post	-	selection type	one_of
wheel	-	No shape option	

자전거 편집설계 시스템의 설계 결과를 바탕으로 부품 형상 정보 모델 기반 자전거 편집설계 시스템을 Fig. 10과 같이 구현하였다. 편집설계 시스템의 개발을 위해서 C++ 환경에서 MFC(Microsoft Foundation Class)를 활용하였다. 3D CAD 시스템으로는 SolidWorks 2011을 사용하였고 XML 형식의 부품 형상 정보 모델의 처리를 위해서 MS XML 4.0을 이용하였다.

제안하는 방법을 검증하고자 자전거 편집설계 시스템을 이용하여 자전거 부품에 대한 편집설계 실험을 수행하였다. 이 실험에서 Fig. 11와 같이 자전거 부품 중에 핸들 바(handle bar)와 탑 튜브(top tube)의 옵션과 파라미터를 변경하였다. 실험 과정에서 자전거 편집설계 시스템은 입력 받은 옵션과 파라미터 값에 따라 핸들 바와 탑 튜브의 형상을 오류 없이 변경하였다. 이 실험을 통해서 제안하는 부품 형상 정보 모델 기반 자전거 편집설계 방법이 자전거의 편집설계 업무에 효과적으로 적용할 수 있음을 확인하였다.

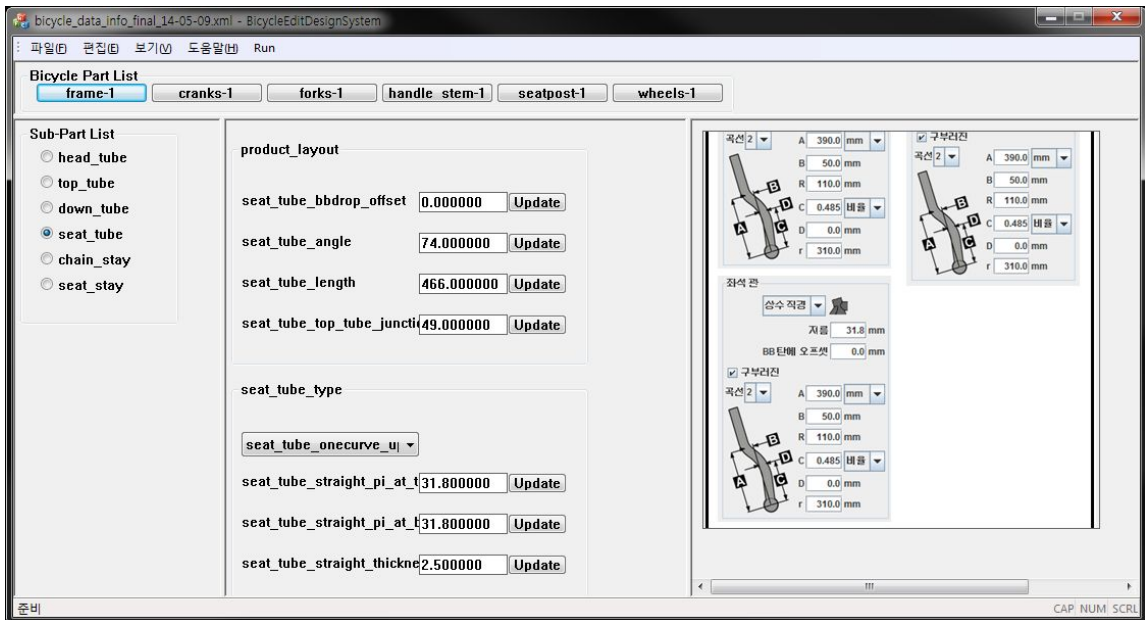


Fig. 10 Bicycle configuration design system prototype

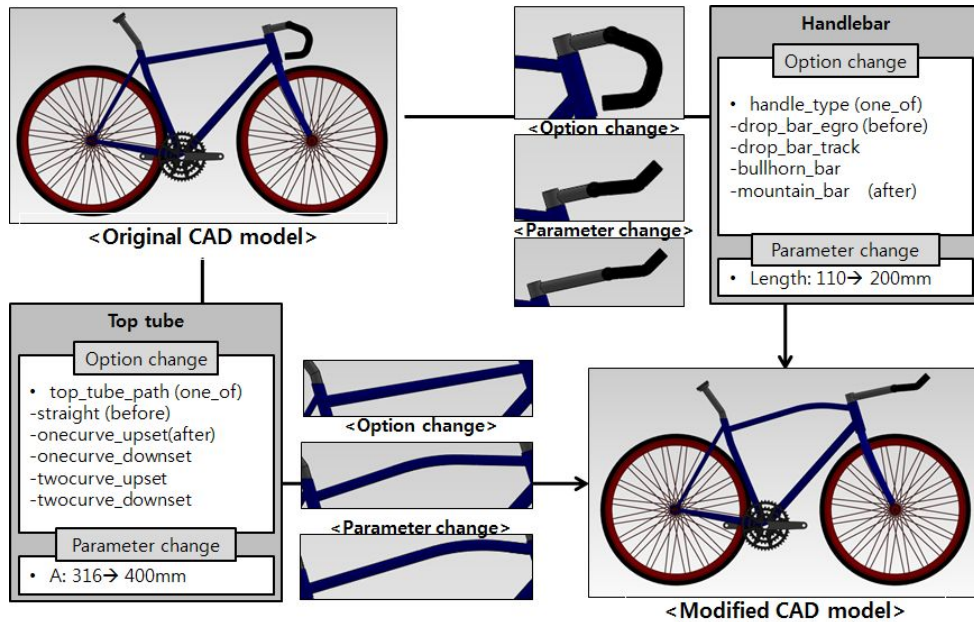


Fig. 11 Experiments of bicycle configuration design using the prototype system

6. 결론

이 논문에서는 부품 형상 정보 모델을 활용한 편집설계 기술을 제안한 후 편집설계 시스템의 기본 설계를 하였다. 그리고 기본 설계 결과를 바탕으로 편집설계 프로토타입 시스템을 개발하였다. 개발된 편집설계 시스템을 활용하여 자전거 부품에 대한 편집설계 실험을 통해 시스템의 유용성을 검증하였다.

제안하는 부품 형상 정보 모델은 CAD 조립체 파일과 CAD 단품 파일들의 목록, 제품 레이아웃, 부품별 바디 목록, 바디별 치수 파라미터 목록, 부품별 형상 옵션 목록의 명세가 가능하다. 부품 형상 정보 모델은 활용하면 사용자가 변경 가능한 옵션 및 파라미터를 모델에 저장된 정보에 따라 동적으로 전시할 수 있다. 따라서 편집 설계 시스템 구조의 변경 없이 다양한 제품의 편집설계 업무에 적용이 가능하다.

후 기

“이 논문은 지식경제부의 1인용 이동수단 기술개발사업(No. 10038543), 산업통상자원부 기술혁신사업(과제번호: 2011T100200145), 2013학년도 경북대학교 학술연구비의 지원으로 수행된 연구 결과임을 밝힙니다.”

REFERENCES

1. Han, J., Yang, J., Park, S. W., Lee, H., “Development of Bicycle Design Automation System”, in the Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers Conference, 2012.
2. BikeCAD, <<http://www.bikecad/bikecadpro>>, 2011.
3. rattleCAD, <<http://rattlecad.sourceforge.net>>, 2012.
4. Linkage, <<http://www.bikechecker.com>>.
5. Oh, Y., Han, S., “Collaborative Design using Parts Database on the internet”, Journal of the

- Korean Society of Precision Engineering, Vol. 9, No. 4, pp. 373-381, 2001.
6. Park, C., Lee, S., "A Design of Press Die Components by Use of 3D CAD Library", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 9, No. 4, pp. 373-381, 2004.
 7. Lee, C., Park, G. R., Kim, Y. H., "A Study on Implementation of 3D CAD Library for Injection Mold Base and Mold Components", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 12, No. 3, pp. 480-486, 1999.
 8. Kim, B., Lee, K., Yang, J., Lee, D., Oh, S., Kwon, H. S., Kim, S. H., "Development of a Solid Fuel Design Automation Program Using Configuration Design Method", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 13, No. 5, pp. 372-381, 2008.
 9. Kim, J., Park, J. H., Mun, C., Hwang, Y. K., "A Study on the 3D Injection Mold Design Using Unigraphics API", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 10, No. 6, pp. 381-39, 2005.
 10. Myung, B. S., Lee, J., Kim, B. C., Mun, D., Lee, H., Park, S. W., "Method of Controlling CAD Library Based on Part-shape Information Model for Bicycle Configuration Designs", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 22, No. 6, pp. 1025~1031, 2013.
 11. Mun, D., Kim, H., Jang, K., Cho, J., Kim, J., Han, S., "A Method for Automatic Generation of Parametric CAD Models in a Mold Base e-Catalog System", Journal of Computing and Information Science in Engineering, Transactions of the ASME, Vol. 6, No. 3, pp. 308-314, 2006.
 12. Lee, K., Kim, W. H., Lee, B. E., "Data Structure for the Design Program of Solid Rocket Motors", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 364-374, 2012.
 13. Jang, S., Kim, B., Nam, H., "A Study of Design Automation for Initial Shaping of Fighter using CATIA Automation", Proceedings of the Korean Society for Aeronautical Space Sciences Annual Conference, 2011.
 14. Lee, S., Kang, M., Eum, K., "Development of Ontology-based Intelligent Mold Design Systems", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 16, No. 3, pp. 137-177, 2011.
 15. Park, B., Hwang, G., Kim, J. J., "Design Automation for Torque Converter Damper Spring Using Optimization", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 12, No. 3, pp. 163-170, 2007.
 16. Lin, B. T., Hsu, S. H., "Automated design system for drawing dies", Expert Systems with Applications, Vol. 34, No. 3, pp. 1586-1598, 2007.
 17. Liu, Q., Xi, J., "Case-based parametric design system for test turntable", Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 6, pp. 6508-6516, 2010.
 18. Mun, D., Kim, H., Jang, K., Cho, J., Kim, J., Han, S., "A Table Parametric Method for Automatic Generation of Parametric CAD Models in a Mold Base e-Catalog System", The Journal of Society for e-Business Studies, Vol. 9, No. 4, pp. 117-136, 2004.
 19. Hwang, J., Mun, D., Han, S., "Representation and propagation of engineering change information in collaborative product development using a neutral reference model", Concurrent Engineering: Research and Applications, Vol. 17, No. 2, pp. 147-157, 2009.
 20. Cho, B. C., Lee, S. H., Kim, H. J., Woo, Y., Lee, K. S., "Development of a Dedicated CAD System for Welding Jigs for Automotive Body Assembly", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 8, No. 3, pp. 189-200, 2003.