

솔리드 모델러 기반의 볼 조인트 부품설계 자동화 시스템

강재관[†] · 이광일

경남대학교 기계자동화공학부

An Automated Design System for Ball-joint Parts of Automobiles

Jae-Gwan Kang · Gwang-Il Lee

Division of Mechanical Engineering and Automation, Kyungnam University, Masan, 631-701

In this paper, an automated design system for ball-joint parts based on 3-D solid modeler is developed. Parametric modeling and API provided by 3-D solid modeler is engaged to develop the system which consists of four main modules such as : 3-D part modeling, parts assembling, 2-D drafting, and database interfacing modules. The automated design system is implemented on a computer, and shows us that it shorten the design processing time which have taken over 5 hours to only few minutes.

Keywords: design automation, ball-joint parts, solid modeler, API, parametric modeling

1. 서론

볼 조인트는 차축과 프레임을 연결하고 주행중 노면에서 받는 진동이나 충격을 흡수하여 자동차의 승차감과 안전성을 향상시키는 역할을 담당하며 구동 바퀴에 발생하는 구동력이나 제동할 때에 각 바퀴의 제동력을 차체에 전달함과 동시에 선회할 때의 원심력에도 견디고, 각 바퀴를 차체에 대해 바른 위치로 지지하는 역할을 한다(Encyclopedia of Automobiles,1997).

볼 조인트 부품은 모양과 구조에 따라 탑승객들이 실제 사용하는 공간에 큰 영향을 주기 때문에 최근까지도 자동차 설계시 가장 중요한 사항으로 고려되고 있다. 이에 따라 볼 조인트 부품은 자동차 부품이 갖는 일반적인 특성인 자동차의 잦은 설계 변경에 따라 새로운 모델이 지속적으로 개발되고 있다.

3차원 솔리드 모델러는 이러한 설계 변경을 비교적 쉽게 대처할 수 있도록 하지만 숙련된 인력이 요구되며 복잡한 형상의 경우에는 여전히 장시간의 모델링 시간이 필요하다. 이에 따라 최근 들어 상용 솔리드 모델러의 API(Application Programming Interface) 기능을 이용하여 사용자가 필요로 하는 응용 프로그램을 작성하여 설계 자동화 시스템을 구축하는 사례가

활발히 진행되고 있다(Hwang *et al.*,2000; Lee *et al.*, 2000, Yoo and Jung, 2002).

본 연구는 볼 조인트 부품의 세계 시장점유율이 40% 이상인 중소기업을 대상으로 상용 솔리드 모델러인 Unigraphics사의 UG의 파라메트릭 설계기법과 API를 이용하여 볼 조인트 설계 자동화 시스템을 개발한다. 특히 본 연구에서는 기존의 연구들에서 다루지 않았던 조립시 단품 상태와 형상 차이가 발생하는 경우와 단품 및 조립품의 2차원 자동 도면 생성, 도면에 주기 삽입, 모델링 파일의 데이터베이스 저장 및 검색 방법 등을 중점적으로 소개한다.

2. 설계 자동화 시스템 구조

2.1 볼 조인트 제품 구성

볼 조인트의 구성품은 <그림 1>과 같이 Ball Stud, Socket, Dust Cover, Ball Seat 그리고 Plug로 구성되며 이 부품들을 조립하여 볼 조인트가 완성된다.

[†]연락처 : 강재관, 631-701 경남 마산시 월영동 449, 경남대학교 기계자동화공학부, Fax : 055-249-2458, E-mail : jkkang@kyungnam.ac.kr

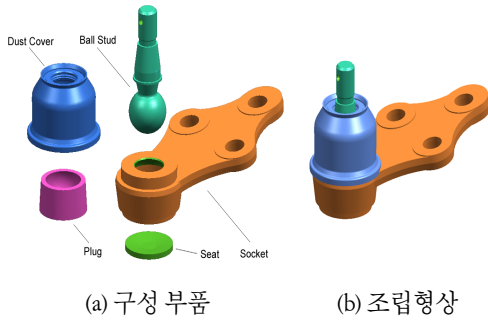
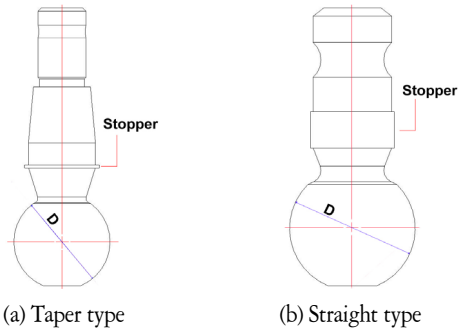


그림 1. 볼 조인트 형상.

2.2 Ball Stud

Ball stud는 <그림 2>와 같이 제품 중앙 부분이 경사진 taper type과 직선인 straight type 두 종류로 분류되며 각각의 type은 Stopper의 유무에 따라 다시 두 가지로 분류된다.

Ball Stud를 결정하는 가장 중요한 치수인 직경(D)은 $\phi 20, \phi 22, \phi 24, \phi 26, \phi 28, \phi 32$ 모두 6가지 종류가 있으며 직경에 따라 socket, dust cover, ball seat, plug의 type 및 형상이 결정된다.



(a) Taper type (b) Straight type

type \ diameter	taper type		straight type	
	Stopper 유	Stopper 무	Stopper 유	Stopper 무
$\phi 20$	○	○	×	×
$\phi 22$	○	○	×	×
$\phi 24$	×	○	○	○
$\phi 26$	○	○	×	○
$\phi 28$	○	○	○	×
$\phi 32$	×	○	○	×

○ : 모델이 존재함, × : 모델이 존재 안함

(c) 직경에 따른 ball stud 분류

그림 2. Ball stud의 분류.

2.3 Socket

Socket은 헤드부와 몸체부로 구성되고 헤드부는 <그림 3>과 같이 내부 모양(A)에 따라 3종류, 평면도 모양(B)에 따라 2종

류, 외부 모양(C)에 따라 2종류로 분류된다.

헤드 단면 (A)	A1	A2	A3
평면도 형상 (B)	B1	B2	
이음새 부분 (C)	C1	C2	
body 구멍 수	0	2	3, 4

비고
 • A1 : 단면의 모양이 1개의 Curve 형상
 • A2 : 단면의 모양이 2개의 Curve 형상
 • A3 : 단면의 모양이 3개의 Curve 형상

그림 3. Socket 헤드부의 분류.

Hole 0				
Hole 1				
Hole 2				
Hole 3				

그림 4. Socket 몸체 형상의 분류.

몸체부는 <그림 4>와 같이 몸체에 나있는 구멍 수에 따라 4 종류(구멍 수 0, 2, 3, 4개)가 있고, 각각은 다시 구멍 수 0개는 2 종류, 구멍 수 2개는 1종류, 구멍 수 3개와 4개는 6종류가 있다. 따라서 socket은 총 102가지 종류가 있다.

2.4 Dust Cover

상단 립부 (A)	DU1	DU2	DU3	DU4
하단 립부 (B)	DL1		DL2	

비고
 • B1은 DU1, DU2, DU3와 결합된다.
 • B2은 DU3, DU4와 결합된다.

그림 5. Dust cover의 분류.

Dust cover는 고무 소재가 사용되며 <그림 5>와 같이 상단 립부(A), 하단 립부(B)의 형태에 따라 분류되는데 상단 립부 형태에는 4종류(DU1-DU4), 하단 립부 형태에는 2종류(DL1, DL2)

가 있다. 하단 립부의 DL1 타입은 DU1, DU2, DU3 타입만 존재하며 하단 립부 DL2는 DU3, DU4 두가지 타입만 있다. 따라서 dust cover의 총 개수는 5가지 종류이다.

2.5 Ball seat와 Plug

자중차의 차종에 따라 형상이나 치수가 달라지는 ball stud나 socket과 달리 ball seat와 plug는 ball stud의 직경에 따라 해당 치수가 결정되므로 공용품이라 불린다.

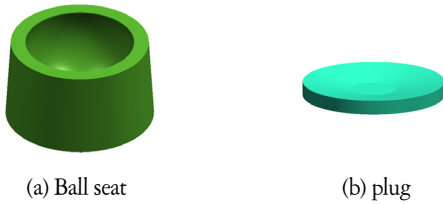


그림 6. Ball seat와 plug.

3. 설계 자동화 시스템의 구조

볼 조인트 설계 자동화 시스템은 <그림 7>에서와 같이 크게 단품 설계, 조립품 설계, 2차원 도면 생성, 데이터베이스 등의 4가지 모듈로 구성된다.

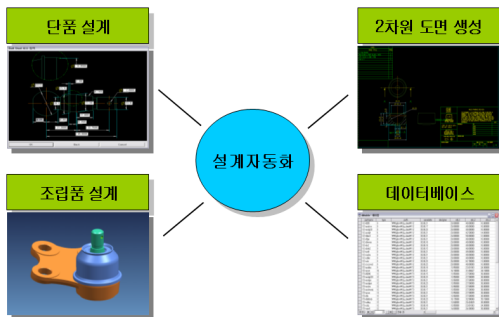


그림 7. 시스템 구조.

3.1 단품 설계

단품 설계 모듈은 볼 조인트 구성 부품들을 자동 설계하는 단계이다. 즉 사용자의 다양한 치수 입력에 따라 자동으로 부품의 3차원 형상이 모델링되는 모듈이다.

상용 솔리드 모델러 UG에서 이를 가능하게 하는 것은 파라메트릭 모델링 기능이다. 파라메트릭 모델링이란 도형의 치수를 파라미터나 수식의 형태로 정의함으로써 입력값의 변화에 유연하게 모델링할 수 있도록 지원하는 기능이다. <그림 8>은 파라메트릭 모델링의 예로서 ball stud의 형상을 스케치(sketch)를 이용하여 파라메트릭하게 정의하는 모습이다.

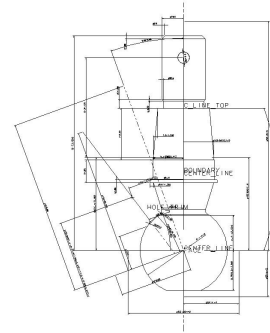


그림 8. 파라메트릭 모델링.

3.2 조립 모델링

모델링된 단품들을 이용하여 볼 조인트 조립품을 자동으로 설계하는 단계이다. 조립품 모델링을 자동화하는 데에는 크게 두 가지 방법이 있다. 첫 번째는 단품 모델링에 적용한 방법과 유사하게 가능한 조립형상의 종류를 모두 나열한 뒤 각각의 종류에 대하여 따로 따로 파라메트릭 모델링을 적용하는 방법이다. 이 방법은 조립 경우의 수가 많지 않은 경우 간단히 구현할 수 있지만 경우의 수가 많을 경우 모든 경우에 대하여 조립형상을 준비해야 하는 문제점이 있다.

따라서 본 연구 대상과 같이 조립의 경우의 수가 많은 경우에는 실제 조립시에 조립 형상이 생성될 수 있도록 처리하는 것이 좋다. 상용솔리드 모델러 UG에서 이를 구현하기 위해서는 API(Application Programming Interface)를 이용하여 프로그래밍을 하여야 한다.

조립시에 발생하는 또 다른 문제는 너스트 커버와 소켓의 경우 단품과 조립의 경우 형상의 크기가 달라지는 점이다. 너스트커버의 경우는 고무를 소재로 사용하기 때문에 <그림 9>와 같이 조립시 제품이 형상의 변형이 생기고 소켓의 경우는 볼시트를 받치는 마무리 공정 때문에 <그림 10>과 같이 아래쪽 부분이 접혀지게 된다.

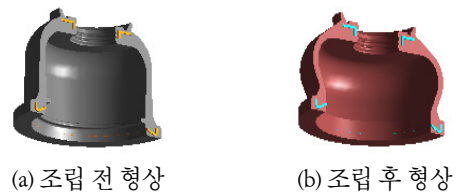


그림 9. Dust cover의 조립 전후 형상 변화.

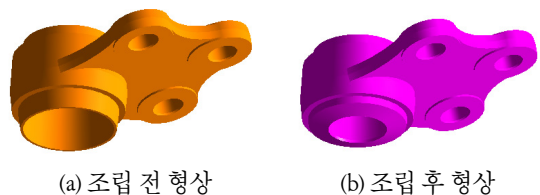


그림 10. Socket의 조립 전후 형상 변화.

따라서 이 두 경우에 단품 형상을 조립에 사용하면 부품 모델 간에 간섭이 발생하며 특히 2차원 조립 도면을 생성할 때 정확한 조립 치수를 표현할 수 없게 된다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 더스트 커버와 소켓의 경우 단품 형상과 조립품 형상을 각각 따로 모델링하는 방법을 사용한다. 즉 단품 모델링을 준비할 때 조립을 위한 형상도 모델링 해둠으로써 조립시에 모델간에 충돌이 발생하지 않도록 한다.

조립시에 발생하는 또 다른 문제 중 하나는 socket의 경우 헤드부의 구멍 형상이 ball stud의 작동 범위에 따라 형상이 결정되므로 단품 모델링에서 구멍 형상을 정의할 수가 없다는 점이다. 따라서 이 문제는 단품 모델링에서는 socket 헤드부분을 구멍이 없는 형태로 정의해 두었다가 조립 시에 사용자가 입력하는 ball stud의 작동각에 따라 직접 구멍이 파내도록 한다. 이 처리도 API를 이용하여 프로그래밍으로 구현한다.

3.3 2D 도면 생성

조립된 ball joint 형상에 대하여 기본적으로 출력해야 하는 도면의 종류에는 기본적으로 단품 도면과 조립 도면 두 가지이고 각각의 경우에 거래처가 요구하는 다양한 도면 양식에 따라 출력하는 것이 필요하다.

단품 도면을 자동 생성하기 위해서는 UG의 2D Drafting 기능을 이용하여 단품 모델링시에 2D 도면을 미리 작업해 두어야 한다. 즉 설계 자동화 시스템에서 사용자가 단품의 치수값을 입력하여 단품 모델이 결정되면 2D 도면도 연동되어 변할 수 있도록 처리하여야 한다. 단품 2D 도면에는 정면도, 평면도 및 상세도가 도시된다.

조립 도면을 자동 생성하는 방법은 단품 도면의 생성 방법과 달리 API 프로그래밍으로 처리하여야 한다. 이는 앞서 조립형상 모델링에서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 조립형상이 실제 조립이 발생될 때 생성되기 때문에 미리 조립형상에 대한 2D 도면을 준비할 수가 없다.

API 프로그래밍으로 2D 도면을 생성하기 위해서는 조립도면에서 나타내야 하는 치수에 대응하는 단품의 모서리선에 단품 모델링시에 미리 이름(name)을 지정해 두어야 한다. 그리고 조립도면 생성시 이 이름을 이용하여 원하는 치수가 표현되도록 프로그래밍한다.

도면에는 다양한 주기(note)를 삽입하게 되는데 주기에 사용되는 문장은 자주 사용되는 것을 기본으로 새로 첨가하는 방식을 사용한다. 이를 위하여 자주 사용되는 주기 문장들은 데이터베이스에 저장하여 불러 쓸 수 있도록 하고 새로 첨가해야 할 내용은 API 프로그래밍으로 처리한다.

3.4 데이터베이스 처리

설계 완료된 형상은 데이터베이스에 저장되어야 하며 또한 검색할 수 있어야 한다. 즉 설계 자동화 시스템은 특정 단품을

모델링하기에 앞서 먼저 현재 모델링하려고 하는 단품이 데이터베이스에 저장되어 있는지를 검색하게 된다.

데이터베이스와 설계 자동화 시스템을 연동하기 위해서는 데이터베이스 처리 부분을 DLL(Dynamic Link Library) 프로그램으로 구현한 후 UG API에서 호출하여 사용하도록 한다. 본 연구에서는 UG API에서 사용할 수 있는 3가지 호출함수로 DLL 파일을 구성한다. 3가지 호출함수는 데이터베이스로부터 ball stud와 dust cover를 각각 검색하는 2개의 함수와 새로 생성된 단품을 데이터베이스에 저장하는 함수로 구성된다.

4. 설계 자동화 프로그램 구현

본 연구에서 제시된 볼 조인트 설계 자동화 시스템은 UG v18과 Visual C++ 6.0 그리고 My SQL 데이터베이스를 이용하여 PentiumIV PC에서 구현하였다. 각 모듈의 입력 인터페이스는 UG가 제공하는 styler를 이용하였다.

<그림 11>은 ball stud의 직경을 선택하는 화면이며 <그림 12>는 ball stud의 세부 치수를 입력하는 모습이며, 설계 형상이 이미 데이터베이스에 존재하는지를 검색하는 모습이 <그림 13>에 나타나 있다. 나머지 주요 부품인 socket, dust cover도 ball stud와 동일한 과정을 거쳐 단품 모델링이 수행된다.

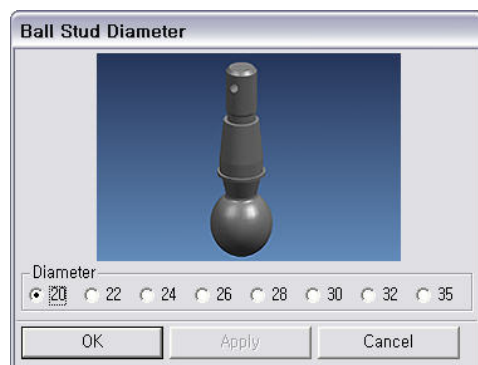


그림 11. Ball stud 직경 선택 창.

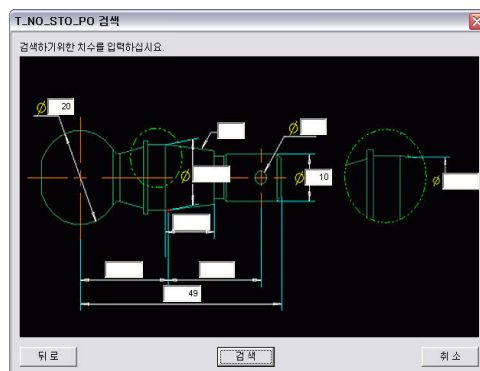


그림 12. Ball stud 치수 입력 창.

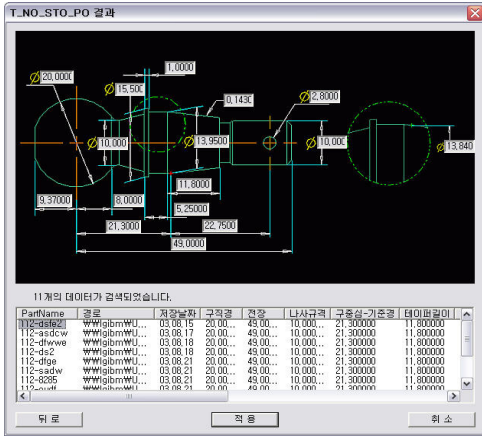


그림 13. 데이터베이스 검색.

<그림 14>는 최종 볼 조인트 조립품 모델링이 완료된 모습이다. 이 때 plug와 ball seat는 ball stud의 직경 크기에 따라 자동으로 모델링되어 조립에 사용되며 조립시에 ball stud 작동각의 크기에 따라 socket의 헤드부에 구멍이 자동으로 생성되어 조립이 완성된다. 또한 형상에 변화가 발생하는 dust cover와 socket은 예비해 둔 조립용 모델링이 조립에 사용되게 된다.

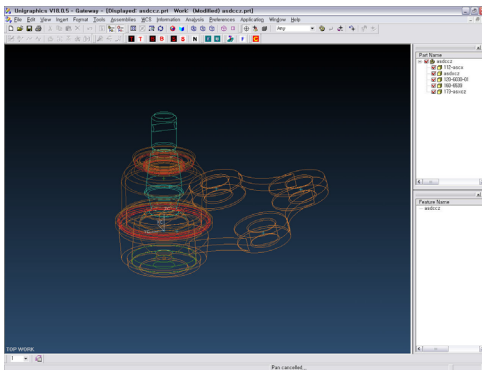
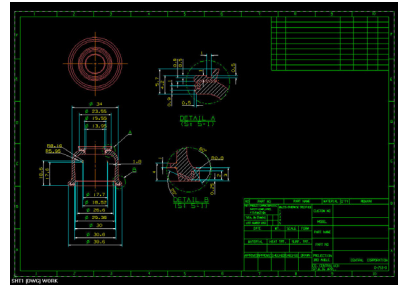


그림 14. Ball joint 조립형상.

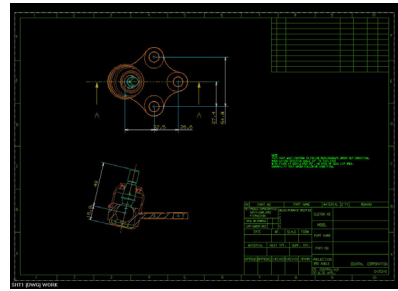
<그림 15>은 2D 도면 생성의 예로서 자동으로 생성된 dust cover의 2D 도면 모습과 조립품의 2-D 도면이 나타나 있다. <그림 16>은 2D 도면에 주기를 삽입하기 위하여 데이터베이스에 저장되어 있는 주기를 선택하는 기능을 보여주고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 상용 3차원 솔리드 모델러인 UG를 기반으로 하여 자동차 부품인 볼 조인트의 자동 설계 시스템을 개발하였다. 파라메트릭 설계기법과 UG API를 이용하여 볼 조인트의 구성요소인 각 부품들의 3D 모델링과 조립형상 모델링, 그리고 제품 제작을 위한 2D 도면과 조립형상 도면을 자동으로 생



(a) Dust cover 도면



(b) 조립 도면

그림 15. 생성된 2D 도면.

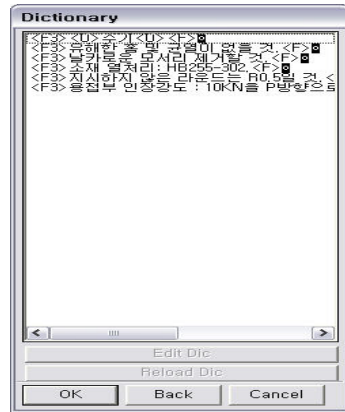


그림 16. 주기 선택창.

성시켰다. 특히 본 연구에서는 조립시 단품 상태와 형상 차이가 발생하는 경우와 단품 형상이 조립시에 결정되는 경우를 처리하는 방법과 단품 및 조립품의 2차원 자동 도면 생성, 설계 형상의 데이터베이스 저장 및 검색 방법 등을 제시하였으며 설계 완료된 형상을 데이터베이스에 저장하고 검색하는 방법을 개발하였다.

사용자가 직접 모델링을 하지 않고 User Interface에 원하는 형상의 치수값만 입력하여 모델링이 완성되기 때문에 3D 모델링 비숙련자나 초보자도 설계를 가능하게 하였다. 개발된 시스템을 사용할 경우 숙련된 작업자가 5시간 이상 소요되는 모델링 작업을 초보자인 경우에도 단 몇 분 안에 모델링할 수 있었다. 특히, 본 연구에서 개발된 2D 자동도면 생성 기능은 다양

한 수주업체 포맷에 따른 기존의 복잡한 2D 도면 작업을 획기적으로 단축시키는 것을 확인하였다.

참고문헌

Encyclopedia of Automobiles(1997), Japanese Automobile Technology Committee.

Hwang, Y.K., Park, Y.S, Kwak G.H., Son, S.Y., Park H.W., Hyun J.M., Jang K.I., Eo Y.J.(2000), Generator Design Automation System Using Unigraphics, *Proc. of 2000 Korea CAD/CAM Conference*, 51-55.

Lee, S.H., Kang, H.S., Yun, T.S., Ryu S.T.(2000), Development of Design Automation System for CRT parts, *Proc. of 2000 Korea CAD/CAM Conference*, 57-61.

Yoo W.S., Jung, J.C.(2002), Parametric Modelling of Mechanical Parts, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 25(1), 16-19.

Unigraphics Solutions Korea, DESIGN APPLICATIONS USING UNIGRAPHICS.