

3 CAD

남윤의* · 石川晴雄**†

*국립 한밭대학교 기계공학부 기계설계공학과
**일본 국립대학법인 전기통신대학 지능기계공학과

Collaborative Design based on 3D-CAD System Using Functional Space Surrounding Design Object over the Networked Environment

Yoon-Eui Nahm* · Haruo Ishikawa**†

*Department of Mechanical Design Engineering, Hanbat National University
**Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, The University of
Electro-Communications, Tokyo, Japan

Concurrent Engineering (CE) has presented new possibilities for successful product development by incorporating various product life-cycle functions from the earlier stage of design. In the product design, geometric representation is vital not only in its traditional role as a means of communicating design information but also in its role as a means of externalizing designer's thought process by visualizing the design product. During the last dozens of years, there has been extraordinary development of computer-aided tools intended to generate, present or communicate 3D models. However, there has not been comparable progress in the development of 3D-CAD systems intended to represent and manipulate a variety of product life-cycle information in a consistent manner. In the previous research, the authors proposed a novel concept called Minus Volume (MV) to incorporate various design information relevant to product life-cycle functions. This paper proposes the use of the MV concept for the collaborative design environment, where many team members are geographically distributed over the networked environment, including Internet, Intranet, WWW, etc. A prototype 3D-CAD system is implemented based on the MV concept and illustrated with the successful implementation of collaborative design example.

Keywords : Collaboration, Team-working, Computer Aided Design (CAD), Modeling, Concurrent Engineering (CE)

1. 서론

근년, Concurrent Engineering(CE) 분야에 있어서 가공, 조립, 검사, 폐기, 리사이클 등의 라이프사이클(lifecycle)

전체를 설계단계에서부터 평가, 검토하는 방법이 연구 및 실용화되어 코스트 삭감, 제조기간 단축, 제품의 품질 향상 등의 효과를 거두고 있다[3, 13]. 설계공정 이후의 제조, 검사 등의 공정에 있어서의 설계변경은 제품의 라

이프사이클에 걸친 전체 코스트에 큰 영향을 미치므로 설계공정에서 후속공정을 충분히 검토해 두는 것은 전체 코스트의 감소로 이어짐과 동시에 품질향상에 도움이 된다.

그러나, 설계공정에 있어서 설계자에게 다른 공정의 다양한 전문 지식을 요구하는 것은 현실적으로 곤란하기 때문에 복수의 설계자나 전문 지식을 갖는 기술자가 모여 설계를 행하는 협조설계가 종래부터 행해지고 있다. 최근 CE의 발전과 함께 협조설계를 프로세스화 하여 행하는 기업이 증가하고 있고 협조를 위한 프레임워크 구축이나 설계 프로세스 개량 등이 행해지고 있다[13].

또한, 설계 툴로서 자주 사용되고 있는 3차원 CAD 시스템은 설계의 비전문가도 입체형상(solid model)에 대한 이해를 용이하게 할 수 있고 입체형상 데이터가 CAE 등의 많은 다른 국면에서 사용가능하다는 등의 이점이 있어 3차원 CAD 시스템 또는 3차원 CAD 데이터를 이용하여 협조설계를 지원하는 방법이 활발하게 연구 및 실용화되고 있다[5, 7, 15, 17].

3차원 CAD 시스템을 이용하여 협조설계를 지원하는 제품으로서 3차원 설계모델의 표시에 의해 이해의 촉진을 꾀하는 기능이나 협조 과정이나 결과를 문장으로서 3차원 설계모델의 일부분과 관련지어 기록하는 마크업(markup), 주석(annotation) 기능 등이 있다[2, 16, 17]. 그러나, 3차원 설계모델의 표시는 다른 기술자에 대한 일방적인 이해의 촉진에 한정되고, 협조 내용이나 결과는 설계물의 정보를 결정된 설계의도(design rationale)로서 재이용할 수 있음에도 불구하고 문장으로서 보존하는 것이 많아 설계의도를 고려한 지원을 거의 하지 못하고 문자열 검색 등에 의해서만 참조되게 된다.

따라서, 설계자의 설계의도를 포함한 프로덕트 모델(product model)을 작성해 이해의 촉진이나 의사결정 지원을 행하는 연구가 많이 행해지고 있다[4, 11]. 그러나, 3차원 CAD 시스템에 있어서 프로덕트 모델은 어디까지나 설계자의 관점을 중심으로 작성된 것이고 반드시 다른 분야의 기술자로부터 본 관점과 일치한다고는 할 수 없다. 또한, 가공 특징형상(manufacturing feature)을 3차원 모델로 표현함으로써 가공의 관점의 정보를 표현해 설계와 제조의 통합 등을 지향한 연구도 있으나[8, 9, 12], 관점과 일치한 모델을 작성하는 개념은 가공 등 일부의 관점에 한정된 것이 대부분이고, 복수의 관점의 특징형을 취급하는 연구에서는 가공의 관점도 포함해 각 관점에 관한 정보를 모두 프로덕트 모델의 일부로서 표현하고 있다[6, 14].

제품의 라이프사이클 전체로부터의 협조설계를 진행시키는데 있어서 다른 관점에 있어서의 정보 표현 방법의 통일이나 통합은 필요하지만, 각 관점에 적절한 표현 방법을 취하는 것이 상호 이해를 위해서는 중요하다고

생각된다. 또한, 복잡화되는 협조설계에 있어서 각 관점의 정보를 프로덕트 모델로서 단일로 표현하는 것은 프로덕트 모델의 비대화를 가져와 더욱 시스템의 구조나 처리가 복잡하게 된다. 또한, 네트워크 분산 환경에 있어서는 정보를 분할해 두면 필요한 정보만을 용이하게 전달할 수 있으므로 네트워크 통신 부하 면에서도 모든 정보를 집중시킨 표현 방법은 바람직하지 않다.

저자들은 이전 연구에서 3차원 CAD 시스템의 설계공간에 있어서 설계대상물과 여집합의 관계에 있는 설계대상물을 둘러싸는 외측의 공간 중에서 설계를 하는데 있어서 유용한 의미가 있는 공간을 설계대상물과 같이 실체화(實體化)한 minus volume(MV)이라는 새로운 개념을 제시하고 MV를 이용하여 라이프사이클 등의 다양한 관점으로부터의 평가가 가능한 3차원 CAD 시스템의 구조 및 프로세스를 제안하였다[1]. 즉, 여기서는 시스템이 다양한 평가정보를 제공함으로써 설계자에 대해 설계지원을 행하는 stand-alone 시스템을 제시하였다.

이에 대해, 본 연구에서는 네트워크 분산 환경 하에서 설계자를 포함한 다수의 기술자가 참여하는 협조설계에 있어서 정보 관리나 프로세스 지원을 행하기 위한 협조설계 지원 시스템의 프레임워크로서 MV의 개념을 적용한다. 또한, 프로토타입 시스템을 구축하여 네트워크 분산 환경 하에서의 협조설계 예를 제시함으로써 MV를 이용한 협조설계 지원 시스템의 유효성을 검증한다.

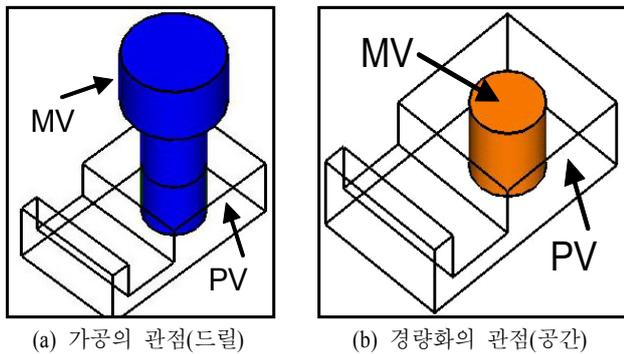
2. MV를 이용한 협조설계 지원

2.1 Minus Volume(MV)

설계에 있어서 설계 이외의 관점으로부터 고려하는 내용의 상당수는 설계대상물을 둘러싸는 외측의 공간의 정보에 의한 설계안에 대한 제약, 요구사항이라고 할 수 있다. 예를 들면, 설계자가 설계대상물에 구멍을 뚫는 경우, 가공이라는 관점에서는 그 구멍의 절삭 공구 등 여러 가지 정보를 생각하게 되고 이 정보에 의해서 설계대상물의 정보가 결정되는 경우가 있다. 설계대상물의 외부공간은 설계대상물과 여집합의 관계에 있는 공간이라고 정의되고 그 때 체적은 무한대가 되므로 그 공간으로부터 설계에 유용한 의미가 있는 공간을 설계대상물과 같이 실체화한 것을 minus volume(MV)이라고 부른다. 여기서, 실체화란 설계대상물과 같이 솔리드 모델로서 표현하는 것을 의미한다. 예를 들어, <그림 1>과 같이 가공, 경량화 등의 관점으로부터 실체화한 모델을 MV라고 정의한다. 이에 대해 통상 설계를 행하는 설계대상물을 plus volume(PV)이라고 한다[1].

MV는 PV와 같이 기하정보나 위상정보, 속성정보 등을 갖는 독립적인 솔리드 모델로서 정의되며 각 관점에서 정보를 보관유지하고 그 정보를 처리한다. MV를 설계 지원에 이용하는 이점을 정리하면 다음과 같다[1].

- 설계자의 사고(주위 공간의 의미를 고려한 설계)에 가까운 자연스러운 설계 지원이 가능
- 의도하는 부분(정점, 변, 면 등)에 설계 정보의 부여가 가능
- 실체는 없으나 의미가 있는 공간 예를 들면, 경량화를 위한 공간과 같이 표현이 용이하지 않았던 관점의 표현이 가능
- 주위의 공간이 유용한 의미를 갖는 개념설계 단계에 있어서 많은 정보를 취급할 수 있어 개념설계 지원에 유효
- MV와 PV의 관계가 대등하여 독립처리가 가능하고 PV의 정보량을 줄여 처리가 용이
- 기존의 솔리드 모델링 커널(kernel), 데이터가 이용 가능



<그림 1> Minus Volume(MV)의 예

2.2 협조설계에 있어서의 MV

저자들의 이전 연구에서는 MV를 이용하여 라이프 사이클 전체로부터의 평가를 통합함으로써 설계 지원을 행하는 방법을 제시하였다[1]. 이것은 복수의 관점으로부터의 평가를 자동적으로 행하기 위해서 MV를 이용하는 것으로 그 예로서 가공성의 평가에 적용한 것이다. 자동적인 평가에 의한 설계 지원도 효과를 얻을 수 있으나, MV는 사람의 사고에 가까운 여러 가지 정보를 가지고 사람이 직접 MV를 작성하는 경우에 MV는 작성한 사람의 의도를 표현한 것이 되므로 이 정보를 이용해 설계를 지원하는 편이 시스템에 의한 자동적인 처리보다 많은 정보를 취급할 수 있다. 따라서, MV를 작성한 기술자(engineer)와 PV를 작성한 설

계자(designer) 사이에서 이루어지는 협조설계를 지원하는 것이 MV가 가지는 이점을 보다 많이 이끌어 낼 수 있다고 생각된다.

이 때 협조설계 지원에 있어서 MV는 많은 기술자가 담당하는 관점의 정보를 적절히 표현할 수 있고 이러한 정보를 MV와 같이 3차원 솔리드 모델로서 표현하는 것의 이점은 크게 다음과 같이 정리할 수 있다.

- **입체로서 표현하는 것에 의한 상호 이해의 촉진**
각 관점의 정보를 적절한 형상으로 표현할 수 있기 때문에 협조 상대가 의도하는 정보를 이해하기 쉬워진다. 예를 들면, 가공 시점에 있어서 드릴 가공 부분을 드릴 MV로서 표현하거나 경량화의 공간을 경량화 MV로서 표현함으로써 그 공간이 무엇을 의도하고 있는지를 데이터 표현과 시각적 표현의 양 방향으로부터 이해할 수 있다.
- **솔리드 모델 연산처리에 의한 판단/적용의 자동화**
공간의 포함관계나 면의 접촉 관계, 속성정보의 파라메트릭 관계 등 솔리드 모델이 가지는 기능을 이용함으로써 각 관점에서 의도하는 정보의 적절한 판단이나 변화에 대한 적용의 자동화를 행할 수 있다.

3. MV를 이용한 분산 협조설계 지원 시스템

3.1 시스템의 기본 구성

여기서는 설계자와 다른 분야의 기술자가 복수로 참가하여 진행하는 분산 협조설계를 위한 시스템 프레임워크를 제시한다. MV를 이용한 분산 협조설계 지원 시스템의 기본구성을 <그림 2>에 나타낸다. 시스템은 크게 설계 공간과 데이터베이스, 이것들을 조작하는 인터페이스로 구성된다. PV는 설계자가 모델링을 행하는 설계물이다. 설계지원을 목적으로 하는 본 시스템에 있어서 가장 중요한 결정사항은 제품의 목적(사양 등)을 만족시키도록 PV의 정보(형상정보, 속성정보)를 결정하는 것이다. 이와 같이 결정해야 하는 PV의 정보를 ‘핵심 정보’(Core Information; CI)라고 하고 이 CI를 조합해 그룹화 한 것을 ‘복합 특징형상’(Compound Feature; CF)이라고 한다. 설계자와 기술자 간에는 이 CF를 하나의 범위로 하여 협조를 수행하지만, 그때 설계자 및 기술자의 의도를 보관유지하고 능동적으로 감시를 하면서 협조지원을 행하는 것을 ‘논의 에이전트’(Argument Agent; ARG)라고 한다. 또한, 설계 이외의 관점에서의 ARG는 그 의도를 표현하기 위해서 MV를 갖는다.

3.2 플러스 볼륨(Plus Volume: PV)

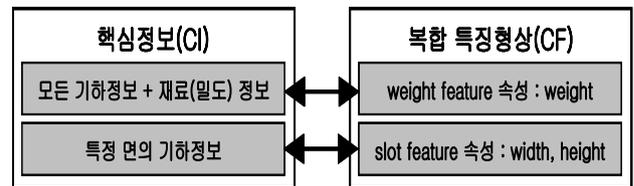
3.2.1 핵심정보(Core Information: CI)

설계자는 제품의 목적(사양 등)을 만족시키도록 PV의 정보를 결정함으로써 설계를 진행시킨다. 이 결정사항을 살펴보면 필요 최소한의 정보만 결정하면 나머지 정보는 부수적으로 결정할 수 있는 경우가 많다. 예를 들면, 중량이라는 정보는 형상 치수와 재료(밀도)의 정보가 정해지면 계산에 의해 구할 수 있고, feature(특징형상) 관련 연구에서의 ‘형상 feature’의 정보는 관계하는 각 기하정보가 정해지면 부수적으로 결정할 수 있다. 이와 같이 결정사항을 서로 의존하지 않도록 정리하면 다음과 같이 상당히 한정된 정보만 남게 된다.

- 기본 형상정보: 변, 면, 체적 등의 기하정보
- 기본 속성정보: 기본 형상정보에 부여되는 재료, 표면 거칠기, 공차 등의 정보

이와 같이 설계물(제품)을 결정할 수 있는 최소한의 필요정보로서 기본 형상정보와 기본 속성정보를 합쳐 ‘핵심정보’(Core Information; CI)라고 부르고, 최종적으로는 이 CI를 결정함으로써 설계가 종료하게 된다.

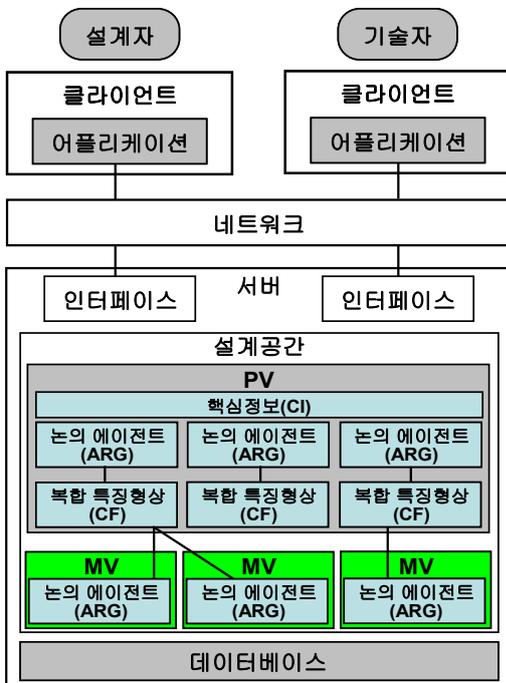
경우는 거의 없다. 즉, 기본 속성정보는 기본 형상정보에 부여되는 것이고 기본 형상정보도 다른 기본 형상정보와 함께 검토되게 된다. feature와 관련된 연구에 있어서 형상 feature는 형상 요소를 관계 지어 파라메트릭하게 취급하는 것으로 일반적으로 치수정보를 제외하면 속성정보를 포함하여 생각하는 경우는 별로 없다. 그러나, 속성정보는 설계물을 특정 짓는 파라미터로서 취급하는 것이 가능하고, <그림 3>에 나타난 바와 같이 CI의 조합에 의해 생성되는 그룹을 ‘복합 특징형상’(Compound Feature; CF)이라고 부른다. CF는 종래의 형상 feature도 포함되고 기본 형상정보와 기본 속성정보로부터 구해지는 중량 등도 CF가 된다. 즉, CF에는 slot, hole이나 weight 등 많은 종류가 있다.



<그림 3> 핵심정보(CI)와 복합 특징형상(CF)

CF는 CI와의 관계를 보관하는 속성정보를 가지고 이것을 ‘CF 속성정보’라고 한다. 또한, CF에 사전에 부여되어 있는 제약정보를 ‘CF 제약정보’라고 한다. CF 제약정보에는 설계자가 부여하는 제약조건이나 CF 속성정보간의 파라메트릭 관계 등을 정의할 수 있다. 예를 들어, slot feature는 height, width 등과 같은 속성정보를 갖고 width는 CI의 특정 면간 거리와 같다는 관계정보를 가지며, height와 width의 값은 마이너스가 될 수 없다는 제약정보를 가진다. 즉, CF는 CF 속성정보 리스트와 CF 제약정보 리스트를 가진다.

CF 속성정보와 CF 제약정보는 <표 1>과 같이 표 형식으로 보관 유지된다. CF 속성정보는 Name, Value, Unit, Relation, Rationale의 항목으로 구성된다. Name은 CF 속성정보명, Value는 그 값, Unit은 그 단위이다. Relation은 그 CF 속성정보와 CI를 관련짓기 위해서 필요한 정보이며, 예를 들면 slot feature의 width 속성의 경우는 slot의 폭을 결정하기 위해서 필요한 PV의 2개의 면 ID이다. Rationale은 그 CF 속성정보의 값을 결정한 설계의도를 나타내고 협조를 행하는 원인이 된 제약정보 등을 보존한다. 협조 설계에 있어서 문제가 발생하는 경우에는 무엇인가 제약조건이 모순이 원인이 되기 때문에 그 문제를 해결함으로써 CF 속성정보의 값이 변경된 경우에는 그 제약정보에 의해 CF 속성정보를 변경했다고 하는 설계의도를 나타낸다.



<그림 2> 시스템의 기본 구성도

3.2.2 복합 특징형상(Compound Feature; CF)

설계 문제에 있어서 이러한 CI가 단독으로 검토되는

<표 1> CF 속성정보(a) 와 CF 제약정보(b)의 형식

(a)				
Name	Value	Unit	Relation	Rationale
width	50	mm	Face ID	101

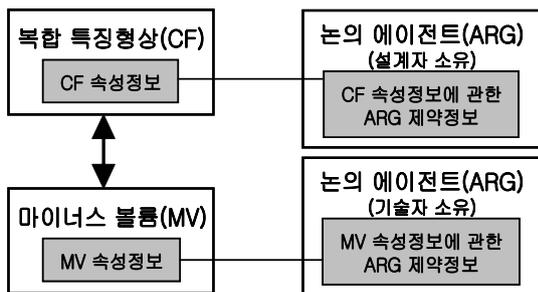
(b)		
ID	Condition	Comment
100	width < 50	sentence1
101	interference	sentence2

CF 제약정보는 ID, Condition, Comment로 구성된다. ID는 CF 제약정보의 식별 ID이고, Condition은 제약조건을 나타내는 식이나 기호이며, Comment는 제약조건을 설명하는 문장이다. Condition은 속성정보의 관계식에 의해 표현되는 것과 모델 상호간에 간섭하지 않는다는 제약과 같이 관계식으로 표현하기 어려운 경우에 기호로 표현되는 것이 있다. 또한, 제약정보는 항상 감시되고 제약을 만족시키지 못하게 되었을 경우에는 관계하는 CF를 중심으로 협조하여 문제를 해결한다.

따라서, PV는 CI와 복수의 CF로부터 구성된다. CI 중에 기본 형상정보는 솔리드 모델의 형상정보로서 표현되고 기본 속성정보는 solid modeling kernel이 갖추고 있는 속성정보 기능에 의해 솔리드 모델에 부여된다. 여기서, CI의 결정은 복수의 CF 사이에서 모순이 없는 결정이라고 바꾸어 말할 수 있다. 즉, 본 시스템에서는 설계자를 포함한 복수의 기술자가 협조하여 각 CF의 정보를 결정함으로써 협조설계를 진행시킨다.

3.3 논의 에이전트(Argument Agent: ARG)

<그림 4>에 나타난 바와 같이 CF 속성정보에 대해 사람(설계자 및 기술자)의 의도가 되는 제약정보를 보관하고 협조를 지원하는 것을 ‘논의 에이전트’(Argument Agent; ARG)라고 한다. ARG는 설계자에게 소유되고 CF와 관계 깊은 것과 기술자에게 소유되고 MV와 관계 깊은 것이 있다.



<그림 4> 복합 특징형상(CF)과 논의 에이전트(ARG)

ARG는 CF 속성정보를 결정하기 위해서 CF에 대한 한 사람의 의도로서 부여되고 각 CF에 부여되어 있는 복수의 ARG간에서 CF 속성정보의 결정을 행한다. ARG는 반드시 한 사람에게 소유되고 소유자가 설계자인 경우에는 CF에 대한 설계의도를 표현하게 된다. 설계자 이외의 기술자는 의도를 표현하기 위해 적절한 MV를 작성하고 MV의 제약이 되는 ARG를 작성함으로써 협조를 개시한다.

MV는 그 공간이 갖는 정보를 MV 속성정보로서 보관 유지하고 1대1로 관계하는 ARG는 MV 속성정보에 대한 제약정보인 ‘ARG 제약정보’를 가진다. ARG는 소유자의 관점에서부터 CF에 대한 의견을 나타내는 것이지만, 기술자가 소유하는 경우에는 CF 속성정보가 아니라 MV 속성정보에 대한 제약을 가지고, MV와 CF의 관계에 의해 간접적으로 제약이 된다.

따라서, 설계자 소유의 ARG는 CF 속성정보에 대한 제약정보인 ARG 제약정보 리스트를 가지고 이는 설계의 관점에서 CF 속성정보의 값을 결정하는 것이고 CF에 대해 설계자의 의도나 사상을 나타내는 것이다. 기술자 소유의 ARG는 MV 속성정보에 대한 ARG 제약정보 리스트를 가지고 이는 MV의 관점에서 본 제약정보를 표현하는 것이다. ARG는 자신의 ARG 제약정보를 항상 감시하고 제약을 만족시키지 못하게 되었을 경우에는 CF와 같이 협조를 개시한다.

3.4 마이너스 볼륨(Minus Volume: MV)

MV는 ‘MV 속성정보’ 리스트와 MV 속성정보의 제약조건을 정의한 ‘MV 제약정보’ 리스트를 가진다. 예를 들면, 드릴 MV에 있어서는 diameter라는 MV 속성정보가 있고 규격 이외의 수치는 설정할 수 없거나 PV와 간섭할 수 없다는 등 MV가 갖는 MV 제약정보를 제약정보 리스트가 보관한다.

그리고, MV에는 CF와의 관계가 정의되어 있고 CF에 대한 제약정보로서 MV 속성정보 간에 MV 제약정보가 정의되어 있다. 예를 들면, 드릴 MV의 diameter 속성은 hole feature의 diameter와 일치한다는 Relation에 보존되는 관계정보를 가짐으로써 형상의 자동 변경을 가능하게 한다. 또한, MV 제약정보나 MV에 부여되어 있는 ARG의 ARG 제약정보가 모순되는 경우에는 CF에 대해서 협조를 시작할 수 있다. 드릴 MV를 예로 들면, hole feature에 대해서 드릴 MV를 부여한 경우에 드릴 MV의 hole에 대한 제약으로서 간섭 불가가 정의되어 있다고 하자. 여기서, 드릴 MV가 갖는 MV 속성정보에 대한 의도로서 ARG에 있는 diameter 속성을 변경했다고 하면 드릴 MV는 diameter 속성을 변경하지만 결과적으로 간

섭을 일으켜 협조가 개시된다. 이와 같이, MV가 갖는 MV 제약정보에는 부여되는 CF에 의존하지 않는 것과 CF에 의존하는 것이 있다. 본 시스템에 있어서의 속성 정보와 제약정보를 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 속성정보와 제약정보의 종류

구 분	CF	MV	ARG
속성정보	CF속성정보	MV속성정보	없음
제약정보	CF가 갖는 속성정보의 제약 (CF제약정보)	MV가 갖는 속성정보의 제약 (MV제약정보)	CF나 MV가 갖는 속성정보에 대해 사람이 부여한 제약 (ARG제약정보)

3.5 인터페이스와 데이터베이스

인터페이스는 시스템의 비동기 환경과 분산 환경을 실현하고 PV나 MV 간의 경합 해소를 행하는 것이다. 비동기 환경을 위해 인터페이스는 사용자에게 보내진 출력 메시지를 보존해 로그인 시에 표시하는 등의 기능을 가진다. 또한, 분산 환경을 실현하기 위해서 네트워크 통신 처리를 담당한다. 경합 해소는 PV나 MV가 갖는 복수의 ARG 간에 있어서 모순이 생겼을 경우에 필요한 것이지만 이 모순은 한 사람의 관점에 있어서의 경합이므로 기본적으로 그 사람의 판단에 맡기게 된다.

데이터베이스는 라이브러리로서 각종 PV, CF, MV 등의 정보를 보존하는 부분, 시스템 정보로서 사용자 정보 등 시스템의 동작에 관련되는 정보를 보존하는 부분, 일반 또는 전문 데이터로서 재료 가공 등의 데이터를 보존하는 부분으로 구성된다.

4. 시스템 구축 및 실행 예

4.1 시스템 구축의 개요

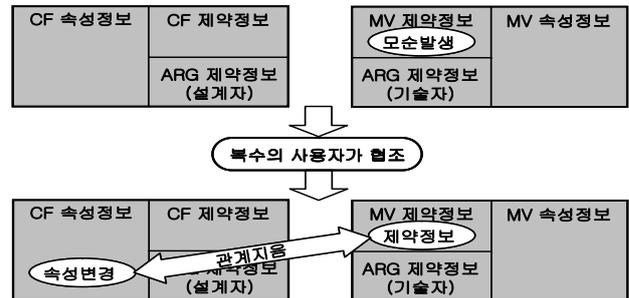
본 연구에서 제안되는 MV를 이용한 분산 협조설계 지원 시스템을 구축하기 위해서 geometric modeling kernel은 Siemens PLM Software사의 Parasolid를 이용하고 객체지향 데이터베이스로서 Progress Software사의 PSE Pro를 이용했다.

네트워크 분산 환경 하에서 설계자와 복수의 기술자의 협조 작업을 지원하기 위해서는 3차원 솔리드 모델을 실시간으로 공유하는 기능이 필요하다. 현재 네트워크 분산 환경 하에서 솔리드 모델을 공유하기 위한 연구들이 왕성하게 진행되고 있어 그것들을 이용하는 것

도 고려할 수 있으나, 본 시스템의 목적은 MV를 이용하여 어떻게 협조설계를 지원할 수 있는가를 제시하는 것이므로 솔리드 모델의 공유 방법은 현 시점에서 가장 단순한 방법을 적용하기로 했다.

본 시스템에서는 참고문헌[17]과 유사한 방법으로 먼저 솔리드 모델의 오리지널 파일을 각 사용자가 네트워크상에서 복사하여 연다. 어떤 사용자가 오리지널 파일에 수정을 더하면 수정된 파일을 새로운 파일로서 덮어쓰고 오리지널 파일이 변경되었다는 메시지를 모든 사용자에게 송신한다. 이 메시지를 수신한 사용자는 최초 파일을 닫고 수정된 파일을 네트워크상에서 복사하여 연다. 이와 같은 일련의 프로세스가 자동적으로 단시간에 행해져 네트워크상에 연결된 복수의 PC 상에서 솔리드 모델의 변경을 실시간으로 공유한다.

<그림 5>는 본 시스템의 기본적인 협조설계 프로세스를 나타낸다. 시스템은 어떠한 제약정보의 모순을 발견하고 복수의 사용자는 그 문제를 파악한 다음 모순을 해결한다. 그리고, 그 원인이 된 제약정보와 해결하기 위해 변경한 속성정보를 관련지어 보존한다.

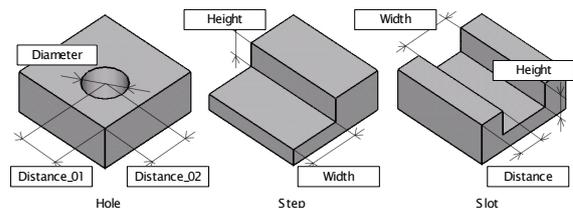


<그림 5> 기본적인 협조설계 프로세스

4.2 실행 예

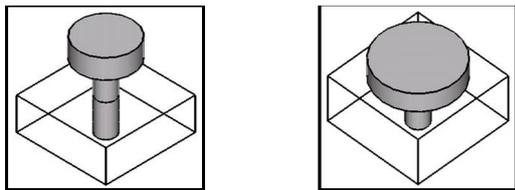
4.2.1 실행 예에 사용되는 CF와 MV

실행 예에서 CF는 hole, step, slot, weight의 4종류가 사용되고 weight 이외는 <그림 6>에 나타난 바와 같은 CF 속성정보를 갖는 것으로 한다. weight에 관해서는 중량을 나타내는 weight라는 CF 속성정보만을 갖는 것으로 한다.



<그림 6> 실행 예에서 사용되는 CF

<그림 7>은 실행 예에서 사용되는 MV를 나타낸다. 드릴 MV는 드릴 가공 시에 필요한 공간으로서 드릴과 그것을 고정하는 치구를 모델화한 것이다. MV 속성정보로서는 드릴의 직경인 diameter를 갖고 직경으로부터 정해지는 복수의 드릴의 정보를 갖는다. 또한, 드릴 MV는 hole feature에 대해서 접촉을 조건으로 하는 한편 공간적으로 간섭할 수 없다는 조건을 갖는다. 한편, 볼트체결 MV는 볼트체결 시에 필요한 공간으로서 볼트와 그 머리 부분의 주위에 공구를 삽입해 회전시킬 만한 공간을 모델화한 것이다. MV 속성정보로서는 볼트의 직경인 diameter를 갖고 직경으로부터 정해지는 복수의 볼트의 정보를 갖는다. 또한, 볼트체결 MV는 hole feature에 대해서 접촉을 조건으로 하는 한편 공간적으로 간섭할 수 없다는 조건을 갖는다. 이와 같이, 두 종류의 MV는 형상은 유사하지만 의도하는 관점이나 보유하는 정보는 상이한 것이다.

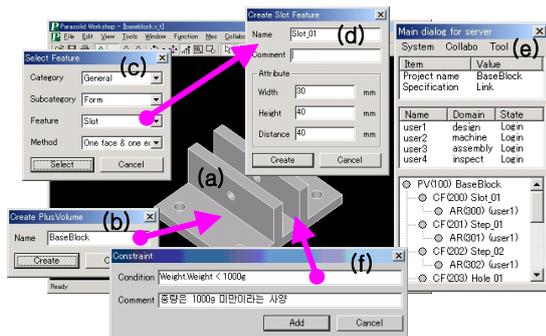


(a) 드릴 MV(가공 관점) (b) 볼트체결 MV(조립 관점)

<그림 7> 실행 예에서 사용되는 MV

4.2.2 협조설계의 실행 예

실행 예로서 <그림 8(a)>와 같이 부품을 베이스로 고정하기 위한 연결 부품을 설계하는 경우를 예로 든다. 저면에 있는 4개의 구멍은 볼트에 의해 고정하는 것이고 횡 방향으로 있는 2개의 구멍에는 1개의 볼트를 통과시킴으로써 홈 사이에 부품을 고정하는 것이다. 또한, 협조설계를 행할 때에 참가하는 설계자나 가공 기술자, 조립 기술자 등은 네트워크상에 있는 PC로부터 로그인하여 모델의 변경이 실시간으로 변경되는 화면을 참조하면서 조작을 한다.

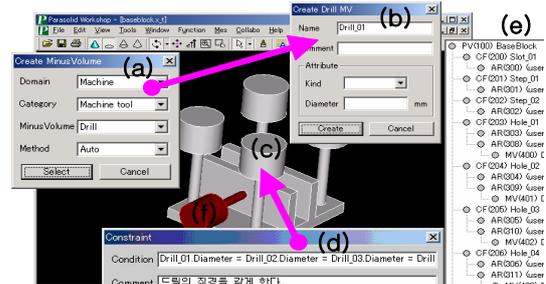


<그림 8> 설계자에 의한 PV의 작성

설계자는 <그림 8(b)>의 PV 작성 다이얼로그를 이용해 PV를 작성한다. PV를 작성한 다음은 CF를 작성하는 작업에 들어가고 <그림 8(c)>의 feature 선택 다이얼로그로부터 hole, slot, step, weight 등의 CF를 선택해 PV에 부여한다. 예를 들어, slot feature는 slot을 작성하는 면과 위치의 기준이 되는 면을 지정하고 각 CF 속성정보를 지정함으로써 작성된다(<그림 8(d)>). 이와 같이, weight, hole, step feature 등의 CF도 추가해 간다. 이와 같이 하면 <그림 8(e)>와 같이 메인 다이얼로그의 트리 표시부에는 PV 아래에 CF가 생성되고 그 아래에 ARG가 생성된다. 더욱이 ARG에 대해서 CF 속성정보에 대한 제약 조건을 부가한다. 예를 들어, 트리 표시부로부터 weight feature를 선택하고 CF가 가지는 weight 속성을 1000g 미만으로 제한하고 있다(<그림 8(f)>).

여기서, 가공 기술자가 가공성의 관점에서부터 드릴 MV를 작성한다고 하자. 트리 표시부에서 해당 CF를 선택하고 <그림 9(a)>와 같이 MV의 종류 선택 다이얼로그로부터 MV를 선택한다. 실행 예와 같이 hole feature에 드릴 MV를 작성하는 경우 등에는 특징형상의 자동인식법[10] 등을 이용함으로써 MV의 작성을 자동화할 수 있다. 자동화하지 않는 경우나 자동화할 수 없는 경우에는 개개의 MV 작성 다이얼로그로부터 MV 속성정보를 입력하여 작성한다(<그림 9(b)>). 여기서는 저면에 있는 4개의 hole feature에 대해 자동적으로 4개의 드릴 MV가 작성되었다(<그림 9(c)>). 다음으로 <그림 9(d)>와 같이 가공 기술자의 의도로서 4개의 드릴 MV의 직경을 같게 한다는 제약을 부여했다고 하자. 이때 드릴 MV는 hole feature의 직경과 드릴이 갖는 직경의 비교를 행하고 PV와 간섭이 일어나지 않음을 감시, 확인한다. 이것에 의해 트리 표시부는 <그림 9(e)>와 같이 갱신된다.

더욱이 설계자는 횡방향의 볼트 삽입용 구멍에 다른 구멍보다 직경이 작은 hole feature를 부여했다고 하자. 그 후 가공 기술자는 추가된 hole feature에 대해서도 이와 같이 드릴 MV를 작성한다(<그림 9(f)>). 한편, 조립 기술자는 5개의 볼트 구멍에 대해서 드릴 MV와 같은 방법으로 볼트체결 MV를 작성했다고 하자.



<그림 9> 가공 기술자에 의한 드릴 MV의 작성

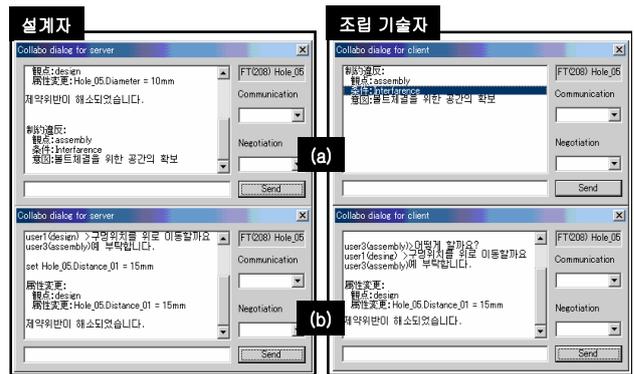
이 때, 가공 기술자는 가공성의 관점에서부터 5개의 드릴 직경을 함께 하도록 ARG 제약정보를 변경했다고 하자. 그러면, 제약 변경에 의해 관계하는 5개의 hole feature에서 제약 위반이 발생하지만, 이 경우 변수 변경이 제일 적게 진행될 수 있는 직경이 작은 hole feature를 중심으로 협조 프로세스가 개시된다. 구체적으로는 원인이 되는 제약정보의 모순을 발생시킨 가공 기술자와 설계자의 양쪽 모두에게 협조 다이얼로그가 열리고 제약 위반이 일어난 제약정보의 관점, 조건(Condition), 의미(Comment)가 표시된다(<그림 10 (a)>). 그리고, 예를 들면 설계자는 조건식의 항목을 선택함으로써 시각적으로 문제를 확인하거나 개개의 MV의 정보를 확인하거나 할 수 있다. 이와 같은 정보로부터 이해를 앞당긴 다음 설계자와 가공 기술자는 채팅 형식에 의한 대화를 진행시켜 hole feature의 직경의 변경을 결정했다고 하자. 이 합의에 의해 설계자는 hole feature의 Diameter 속성을 변경하지만(<그림 10 (b)>), 이것에 의해 hole feature의 형상이 변경됨과 동시에 hole feature를 감시하고 있는 드릴 MV와 볼트체결 MV도 직경을 맞추도록 각각이 가지는 사양 중에서 속성의 변경을 행한다. 그리고, 드릴 MV의 직경을 함께 한다는 제약정보가 만족되어 해결된 제약정보와 변경한 hole feature의 Diameter 속성정보가 관련지어지고 협조가 일단 종료한다(<그림 10 (c)>).



<그림 10> 설계자와 가공 기술자의 협조 작업 예시

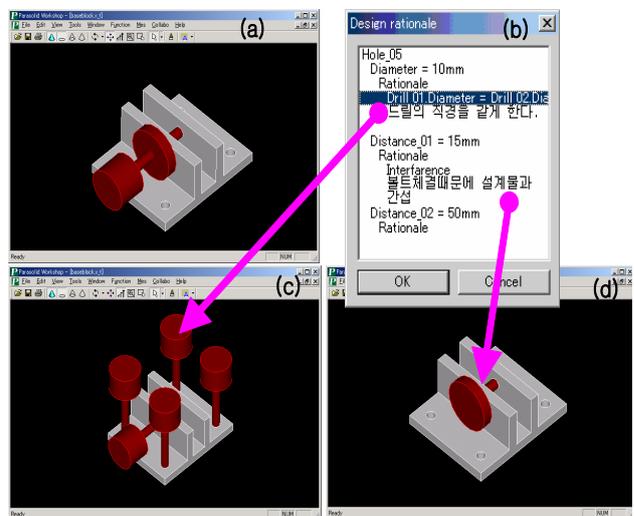
그러나, 여기서 hole feature의 직경을 크게 했기 때문에 볼트체결 MV는 직경에 맞춰 필요한 공간 확보를 위해서 형상을 변경해 PV와 간섭한다는 제약 위반을 발생시키게 되어 <그림 11 (a)>와 같이 협조 다이얼로그가 열리고 필요한 정보가 표시되어 협조 프로세스를 행한다. 여기서는 간섭을

회피하기 위해서 hole feature의 위치를 정의하고 있는 Distance_01 속성을 변경함으로써 상부로 이동시키는 것으로 합의했다고 하자(<그림 11 (b)>). 설계자가 속성을 변경하면 드릴 MV와 볼트체결 MV도 이동하고 제약정보의 모순이 없어지기 때문에 협조가 종료한다(<그림 12 (a)>). 그리고, 간섭의 제약 문제와 hole feature의 Distance_01 속성정보가 관련지어진다.



<그림 11> 설계자와 조립 기술자의 협조 작업 예시

이러한 일련의 프로세스에 의해 hole feature에 대해 설계와 가공과 조립의 관점에서부터 검토가 행해져 설계가 종료된다(<그림 12 (a)>). 여기서, 설계의도 표시 다이얼로그에 의해 hole feature의 각 속성정보의 설계의도를 표시할 수 있다(<그림 12 (b)>). 그러면, hole feature의 직경은 가공의 관점에서부터 드릴의 직경을 통일시키고 싶었기 때문에 결정되고(<그림 12 (c)>), 위치는 조립의 관점에서부터 간섭에 의한 조립 불가능을 회피하기 위해서 결정된 것을 알 수 있다(<그림 12 (d)>).



<그림 12> 협조설계의 종료와 설계의도의 표시

5. 결 론

본 연구에서는 협조설계에 있어서의 정보의 관리나 프로세스의 지원을 행하는 분산 협조설계 지원 시스템의 프레임워크로서 설계물을 둘러싸는 공간(설계물의 외부 공간)의 의미를 그 관점으로부터 실체화(모델화)하여 지원하는 방법을 제안하였다.

본 방법은 라이프 사이클 전체의 각 관점에 따른 표현이 가능하기 때문에 상호 이해가 용이해지고 설계의도 등의 정보를 재이용이 용이한 형식으로 보존할 수 있는 방법이다. 그리고, 본 방법을 이용한 시스템을 구축함으로써 협조설계 참가자의 상호 이해가 촉진된다는 것, 제약정보를 설계 변경의 이유로서 표현함으로써 설계의도의 이해를 용이하게 해 재이용성을 높일 수 있다는 것을 제시하였다.

이를 통해 MV를 이용한 분산 협조설계 지원 시스템의 주된 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 설계물 외부 공간이 갖는 의미를 MV로서 실체화함으로써 가공이나 조립 등 제품의 라이프사이클에 관련되는 설계 이외의 관점의 정보를 3차원 솔리드 모델로서 표현하고, MV를 이용해 속성정보와 제약정보의 관계를 보존함으로써 설계의도가 되는 협조의 원인과 결과를 관련지을 수 있어 라이프사이클의 넓은 범위의 정보를 설계의도로서 보존, 재이용할 수 있다.
- 협조 시에 상대의 의도를 이해하는 경우에 3차원 솔리드 모델을 이용해 시각적인 이해를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 설계 후에 설계의도를 이해하는 경우에도 똑같이 시각적인 이해를 얻을 수 있어 쌍방향의 이해의 촉진을 꾀할 수 있다.
- MV의 능동적인 동작에 의해 CF의 수정에 맞춘 MV의 형상변경, PV와의 간섭체크 등과 같이 MV 속성정보나 MV 제약정보를 이용한 능동적인 설계지원을 행할 수 있다.

참고문헌

- [1] 남윤의; 石川晴雄; “설계대상물의 외부공간을 이용한 3차원 CAD 시스템에 의한 설계지원”, 한국산업경영시스템학회지, 32(1) : 26-34, 2009.
- [2] Actify, SpinFire, <http://www.actify.com>.
- [3] Boothroyd G., Knight W., and Dewhurst P.; Product Design for Manufacture and Assembly, CRC, 2001.
- [4] Bracewell, R., Wallace, K., Moss, M. and Knott, D.; “Capturing Design Rationale,” Comput.-Aid. Des., 41 : 173-186, 2009.
- [5] Case, M. P. and Lu, S. C. Y.; “Discourse Model for Collaborative Design,” Comput.-Aid. Des., 28 : 333-345, 1996.
- [6] de Kraker, K. J., Dohmen, M., and Bronsvort, W. F.; “Maintaining Multiple Views in Feature Modeling,” Proceedings of the Fourth ACM Symposium on Solid Modeling and Applications, 123-130, 1997.
- [7] Fan, L. Q., Kumar, A., Jagdish, B. N. and Bok, S. H.; “Development of a Distributed Collaborative Design Framework within Peer-to-Peer Environment,” Comput.-Aid. Des., 40 : 891-904, 2008.
- [8] Gupta, S. K. and Nau, D. S.; “Systematic Approach to Analyzing the Manufacturability of Machined Parts,” Comput.-Aid. Des., 27 : 323-342, 1995.
- [9] Han, J., Regli, W. C. and Brooks, S.; “Hint-Based Reasoning for Feature Recognition : Status Report,” Comput.-Aid. Des., 30 : 1003-1007, 1998.
- [10] Kao, C. Y., Kumara, S. R. T., and Kasturi, R.; “Extraction of 3D Object Features from CAD Boundary Representation using the Super Relation Graph Method,” Trans. Pat. Anal. Mach. Int., 17(12) : 1228-1233, 1995.
- [11] Kim, J. H., Pratt, M. J., Iyer, R. G., and Sriram, R. D.; “Standardized Data Exchange of CAD Models with Design Intent,” Comput.-Aid. Des., 40 : 760-777, 2008.
- [12] Lee, J. Y. and Kim, K.; “A Feature-Based Approach to Extracting Machining Features,” Comput.-Aid. Des., 30 : 1019-1035, 1998.
- [13] Nikkei Mechanical; Development Process Innovation for Mechanical Designer, Nikkei BP, 2001(in Japanese).
- [14] Noort, A., Hoek, G. F. M., and Bronsvort, W. F.; “Integrating Part and Assembly Modeling,” Comput.-Aid. Des., 34 : 899-912, 2002.
- [15] Rosenman, M. A. and Gero, J. S.; “Modeling Multiple Views of Design Objects in a Collaborative CAD Environment,” Comput.-Aid. Des., 28 : 193-205, 1996.
- [16] RealityWave, ConceptStation, <http://www.realitywave.com>
- [17] Shen, Y., Ong, S. K., and Nee, A. Y. C.; “Product Information Visualization and Augmentation in Collaborative Design,” Comput.-Aid. Des., 40 : 963-974, 2008.