

동작 정보를 갖는 가상설비 데이터 재활용 방법론

고민석*, 신혜선*, 왕지남**, 박상철***

A Method of Reusing Kinematic Information for Virtual Facilities

Minsuk Ko*, Hyescon Shin*, Ginam Wang** and Sang Chul Park***

ABSTRACT

This paper proposes a method for reusing kinematic design data for virtual facilities. Making a virtual model of a facility involves two major activities: geometric design (virtual model visualization) and kinematic design that should be remodeled frequently whenever design changes occur. Conventionally, a virtual model of an automated facility focuses on the design level, which mainly deals with design verification, alternative comparison, and geometric model diagnosis. Although a design level model can be designed with the information of past models from PLM system, a simulation level model is not sufficient utilized to be reused for kinematic design purpose. We propose a method for reusing kinematic information of a past simulation model to cope with this problem. We use the concept of the 'center of mass', which is a point representing the mean position of the matter in a body or system. And we also use comparison method of a boundary box to identify which 3D objects have to be involved from the design model to a link structure that is contained in the simulation model. Because a proposed method only use not a historical approach but a geometrical approach, it is more effective to apply to the field.

Key words : Motion, Kinematic information, Simulation, Virtual facilities

1. 서 론

고품질, 저비용, 빠른 납기에 대한 끊임없는 요구는 제조기업의 제조전략, 공정, 기술에 대한 변화를 가져오고 있다. 이 변화에 적응, 생존하기 위하여 자동화 설비의 비중이 높은 제조 기업은 디지털 제조기술을 적용한 가상 생산 시뮬레이션을 여러 분야에 걸쳐 활발히 적용하고 있다. 특히, 현재 국내 자동차 업계에서는 3D CAD 모델을 이용하여 생산할 차종에 대한 설계를 가상환경에서 진행하고 있으며, 생산라인을 구성하는 설비 데이터를 3D CAD로 설계, 관리하고 있다^[1-3]. 과거에는 주로 시제품(prototype) 및 설계 형상 검토를 목적으로 3D 데이터를 사용하였지만, 현재는 설비 움직임 검증, 로봇 OLP(Off-Line Programming) 그리고 라인단위 PLC 시뮬레이션 영역^[4-6]까지 3D 데

이터의 활용을 통한 디지털 제조의 영향력이 높아지고 있다. Fig. 1은 3D 모델을 사용한, 자동화 설비의 단위 모듈 형상 설계(unit model shape design) 부터 시뮬레이션 단계까지의 일반적 흐름을 나타낸다. 첫 번째 단계는 설비를 구성하는 단위 모듈을 설계, 조립하는 설계 단계(design level)이다. 과거의 모듈 형상 디자인은 작업자의 경험을 토대로 진행되었지만, 데이터 관리를 위한 PLM(Product Lifecycle Management)의 확산, 보류 표준화로, 현재는 과거 형상 데이터를 데이터베이스(DB)로부터 가져와, 이를 바탕으로 2D, 3D 단위 모델을 제작한다. 만들어진 단위 형상 모델

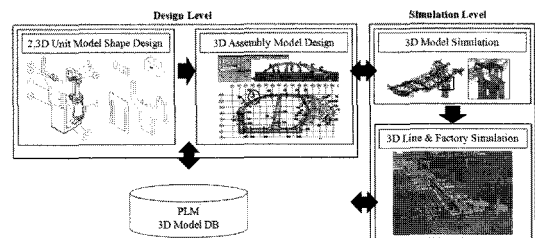


Fig. 1. 3D facility data flow from the design level to the simulation level.

*학생회원, 아주대학교 산업공학과.

**비회원, 아주대학교 산업공학과.

***교신저자, 종신회원, 아주대학교 산업공학과

- 논문투고일: 2011. 03. 10

- 논문수정일: 2011. 06. 23

- 심사완료일: 2011. 06. 23

은 구성 모델들과 조립(assembly)되어 단위 설비 모델이 된다. 디자인 단계의 상용 S/W로는 Dassault 사의 CATIA와 SIEMENS 사의 Solid Edge가 있다. 두 번째 단계는 설계된 3D 설비 모델을 이용한 시뮬레이션 단계이다. 본 단계에서 각 설비 모델은 정적, 동적 시뮬레이션을 수행하여, 설계 단계에 발생하는 오류를 검증, 반영한다. 그리고 이 모델들은 후에 라인, 공장 단위 검증을 위한 OLP, PLC(Programmable logical controller) 시뮬레이션에 사용되는데, 본 단계의 3D 모델은 대용량 모델의 효과적인 가시화를 위해 설계용 3D 모델과는 달리 메쉬(mesh) 데이터를 사용하여 형상을 표현하며, 시뮬레이션 목적에 따라 기하적 정보를 변형시키기도 한다^[7]. 그리고, 이 단계의 3D 모델은 사실적 움직임 표현이 요구되는 OLP 및 PLC 시뮬레이션에 사용되기 때문에, 기구학 요소(kinematic factor)가 입력된 가상 설비 모델을 사용한다^[4-6].

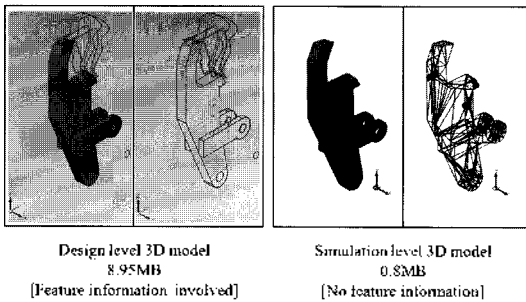


Fig. 2. Data information differences between design and simulation level.

Fig. 1의 데이터 진행 프로세스에서 설계 단계의 3D 모델은 시뮬레이션 단계로 넘어가면서, 모델의 구조적 특성이 변경된다. Fig. 2는 두 단계의 차이를 쉽게 설명하기 위하여 동일한 3D 모델을 각 단계에 적용하여, 내부 형상 및 데이터 크기를 비교한 결과이다. 설계단계는 단위 모델에 대한 형상 설계를 주목적으로 하기 때문에, 특징 형상 정보(feature information) 및 디자인 이력 정보(design history information)를 바탕으로 모델링 한다. 하지만, 시뮬레이션 단계는 다수의 설비 모델이 동시에 가시화되어야 하기 때문에 이 정보를 삭제한 단순 메쉬 모델을 사용한다. 또한, 대용량 3D 시뮬레이션에서는 필요에 따라 형상 정보에 기반한 기하정보 변형을 이용^[7,8] 데이터 경량화 방법을 적용하는데, 이를 이용해 공장 단위 3D 시뮬레이션의 가시화 효과를 극대화시킬 수

있다. 시뮬레이션에 불필요한 정보를 삭제하여 대용량 모델의 가시성 능력은 향상시킬 수 있지만, 모델을 구성하는 단위 오브젝트의 특징형상 정보(feature information)는 모두 손실된다. 따라서, 시뮬레이션 단계의 메쉬 모델로부터 형상 정보를 추출하기 위해서는 기하 정보(geometry information)만을 사용해 얻어질 수 있다. 예를 들어서 디자인 단계에서 공간상의 원(circle)은 형상의 특징 형상 정보(중심, 반지름)를 통해 쉽게 얻을 수 있지만, 단순 삼각망으로 표현된 메쉬 모델에서는 평면의 직교 벡터(normal vector)와 서로 다른 세 점의 입력을 통해 얻을 수 있다.

시뮬레이션 단계의 3D 모델이 디자인 정보를 변경할 경우는 적기 때문에, 대부분의 시뮬레이션 상용 S/W(ROBCAD, IGRIP)는 단순 메쉬 모델을 사용한다. 하지만, 시뮬레이션 단계의 3D 모델에 기구학 정보(kinematic information)를 입력하기 위해서는 주요 특징정보 값이 요구되기 때문에, 사용자는 기하 모델로부터 특징 형상 정보를 추출하기 위해 많은 노력을 가해야 한다^[9-11]. 시뮬레이션 단계 모델의 이 같은 특성은 기구학 정보에 대한 이력관리를 어렵게 하기 때문에, 과거 모델의 기구학 정보를 재사용 하는 것이 불가능하게 한다. 따라서 과거 시뮬레이션 모델의 형상변경, 경량화를 통한 기하정보 변형이 발생할 경우, 사용자는 기존 모델의 기구학 정보를 모두 재입력해야 한다.

저자는 자동차 산업의 대표적 자동화 설비 중 하나인 지그의 기구학 정보입력 방법을 개선하고자 일 단형 3D 지그 모델의 효율적인 기구학 정보 입력 방법에 관한 연구를 수행하였으며^[10], 단단형 지그의 기구학 정보 입력 및 관리를 위한 템플릿 모델을 제안하였다^[11]. 이러한 기존 연구들은 실제 현업의 시뮬레이션 업무프로세스를 개선하는 효과적 방법으로 적용되었지만, 기존 모델의 기구학 정보를 재활용 하는 부분에는 한계를 가졌다. 따라서 본 논문에서는 기존 시뮬레이션 모델로부터 기구학 정보를 추출하여 새로운 모델에 재사용하기 위한 방법론을 제안하고자 한다. 제안하는 방법론은 기존의 입력 방법 효율화 연구와는 다르게, 시뮬레이션 모델의 데이터 재활용 측면을 중점적으로 다룬다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 시뮬레이션 모델간의 기구학 정보 재활용을 위한 방법론을 말하며, 제 3장에는 이를 적용하기 위해 필요한 알고리즘을 설명하며, 제 4장에서는 실제 현업에서 정렬 지그 모델에 적용 결과를 보일 것이고, 제 5장에서 결론을 말할 것이다.

2. 가상 설비 모델의 동적 정보 재사용을 위한 접근 방법

Fig. 3은 설계 단계의 3D 모델을 대용량 시뮬레이션 단계에 사용하기 위해 필요한 일련의 과정을 나타낸다. 1장에서 언급되었듯이, 설계 단계의 모델이 시뮬레이션 단계의 모델로 변환(data conversion)되면서, 특징형상 정보가 제거되어 가시화 효율 향상의 효과를 얻는다. 그럼에도 불구하고, 공장단위, 라인단위 시뮬레이션을 일반 PC 상에서 원활하게 수행하기에는 가시화 효율이 충분하지 않다. 예를 들어, 자동차 공정의 SIDE 라인 3D 작업장을 표현하기 위해 사용되는 삼각형의 개수는 약 1000만개를 상회하기 때문에, 추가적 경량화 작업 없이는 FPS(Frame Per Second)가 시뮬레이션을 하기에 충분히 높지 않다. 따라서 데이터 구조를 간결하게 만드는 작업과 기하 정보 변형을 통한 경량화 방법의 적용이 필요하다. 여기서 구조 경량화(structure data reduction)는 형상의 변형 없이, 구조를 간결화 하는 것을 말하며, 기하 정보 변형을 통한 경량화(geometric data reduction)는 홀(hole) 형상 제거, 특정 형상 제거 등의 알고리즘을 적용하여 실제 데이터를 변형, 제거하는 것을 말한다⁷⁾.

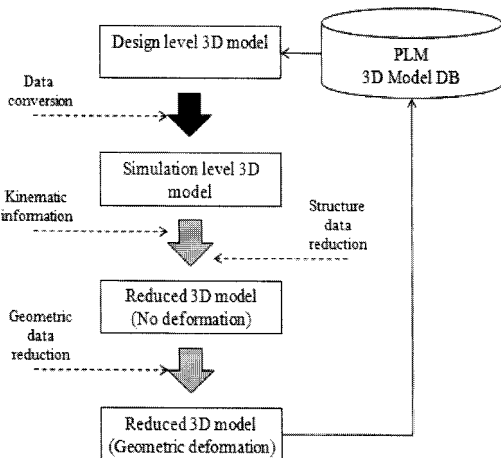


Fig. 3. A process for making a 3D simulation model from the design level model.

시뮬레이션 단계에서 가상설비의 동작 정의를 위해 시는 반드시 구조적 경량화 이전에 가상 설비에 기구학 정보를 입력해야 한다. 즉, 조인트를 구성하는 링크단위 정보는 경량화 이전 단계에서 정의되어야 한다. 왜냐하면, 구조 정보 경량화 후위 단계에서는 결

함된 메쉬 구조를 재 분리하는 것은 매우 어렵기 때문이다.

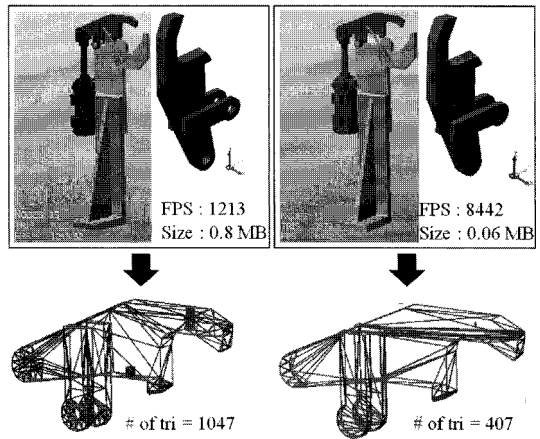


Fig. 4. The geometrical data deformation in the 3D model.

Fig. 4는 단일 지그에 대하여 경량화 이전, 이후 단계의 모델을 수치적으로 비교한 결과이다. 좌측 모델은 실제 모델로부터 변환만을 수행한 것이며, 우측 모델은 경량화 알고리즘을 적용한 것이다. Fig. 4의 하단은 각 모델이 갖는 동일한 entity에 대하여 데이터 크기, 가시화 효과, 내부 형상 변형 정보를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 좌측의 모델은 설계 단계의 3D 모델과 형상 정보는 동일한 반면, 우측의 모델은 형상이 변형된 것을 알 수 있다. Fig. 3에서 언급한 구조 변형을 통해 모델의 구성 노드(node) 수는 13개에서 11개로 줄어들었으며, 홀 제거 알고리즘을 적용한 기하 정보 변형⁷⁾을 이용해 entity의 삼각형 개수가 1047개에서 407개로 약 61%가 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이 같은 경량화 작업은 모델의 FPS를 1213.82에서 8442.32로 약 695% 향상 시키는 결과를 얻을 수 있다.

이 같은 데이터 변형은 시뮬레이션의 가시화 효과를 향상시키는 반면, 모델의 기구학 정보 재활용을 매우 어렵게 한다. 왜냐하면, 경량화된 모델의 구조 정보가 실제 모델과 달라지기 때문에, 설계단계 모델과 구조 정보를 비교하는 것이 불가능하기 때문이다. 따라서 설계 단계의 모델이 변경되는 경우, Fig. 3에 제시된 각 단계에 해당하는 정보를 모두 저장, 관리해주거나, 처음부터 재 시작하여 경량화 모델을 획득하는 방법이 이 문제를 해결하는 유일한 방안이다. 이 같은 데이터 유지관리의 문제와 반복 작업에 의한 공수 증가는 제조 산업의 가상환경 시뮬레이션 구축에 큰 걸

림들이 된다.

Fig. 1에서 언급한 일반적 설비 설계 프로세스에서, 자동화 설비는 그 구성 부품이 모듈화되어 있다. 따라서 새로운 설비를 계획할 때, 처음부터 전체 형상을 새롭게 설계하는 것이 아니라, 과거 설계 데이터를 기준으로 새로 장착될 모듈을 설계, 조립한다. 이러한 설계 방식을 사용하는 대표적 자동화 설비의 예로 대차(Daecha, 정렬 지그)와 같은 지그 조합 설비가 있다. 여기서 모듈은 하나의 대차를 말하며, 모듈은 대차를 구성하는 각 지그를 말한다. 과거 대차는 차종 별로 존재하여, 단일 차종에 대한 이송만을 담당하였지만, 지금의 대차 설비는 모듈 공용화를 통해 여러 차종 판넬을 담당할 수 있도록 설계되고 있다. 따라서 기존 생산 라인에 새로운 차종 생산이 추가되면, 기존 대차 설비를 새롭게 제작하기 보다는, 기존 모듈에 새로운 차종에 대한 지그를 추가하는 설계 방식을 사용한다.

본 논문에서는 이러한 설계 프로세스 특징을 고려하여, 기존 시뮬레이션에 사용되어 검증이 완료된 가상 설비 모델의 기구학 정보를 새로 설계된 시뮬레이션 모델에 재활용 하는 방법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법론을 통해 가상 설비 모델의 기구학 정보를 재사용함으로써, 가상 시뮬레이션 환경 구축 및 검증을 위해 필요한 공수를 최소화 시킬 수 있다.

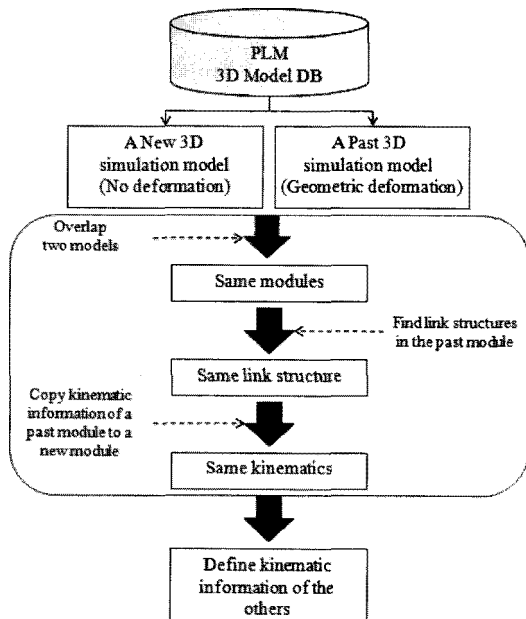


Fig. 5. A procedure of the proposed methodology.

Fig. 5는 제안하는 방법론을 진행하기 위한 네 단계 절차를 나타낸다.

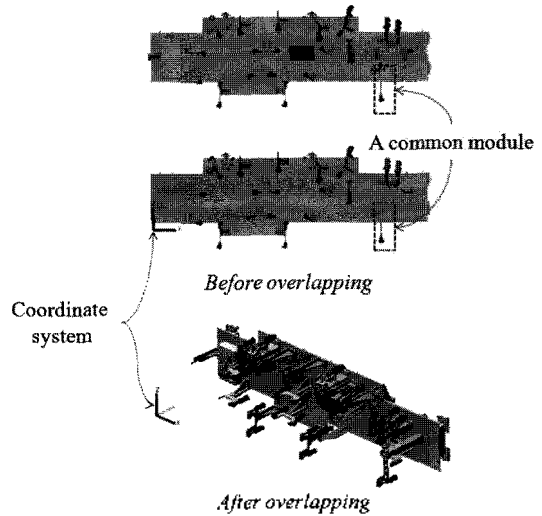


Fig. 6. Two applied models of a proposed methodology.

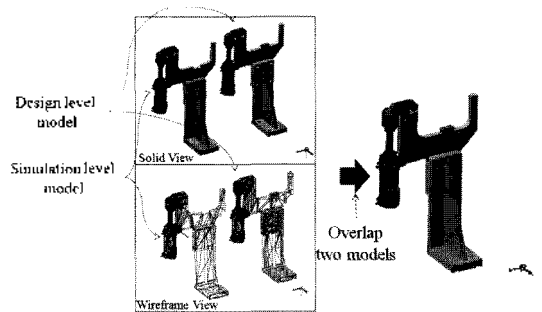


Fig. 7. Finding a same module between two different models.

Step 1 두 모델간의 공통 모듈 쌍 추출

- PLM DB로부터 새로운 모델과 과거 모델을 가져와 3D 상에 포개어 놓는다(Fig. 6). 본 단계는 기하 정보를 기반으로 두 모델간의 공통모듈(common module)을 추출하는 것이기 때문에, 공간상에 두 모델의 기준 좌표계(coordinate system)를 동일하게 설정하고 배치하는 것이 필요하다. 두 모델간의 기구학 정보 복사의 상대관계를 정의하는 공통 모듈 쌍의 리스트 정보를 추출하기 위해, 본 논문에서는 오브젝트 메쉬를 구성하는 삼각형의 최소거리 평균(AMD: Average of Minimum Distance) 알고리즘을 사용한다. 이 방법을 통해서 두 모델간에 공통적으로 존재하는 모듈과 새롭게 작성해야 하는 모듈을 구분할 수 있으며, 두 모델간의 공통 모듈 쌍을 정할 수 있다(Fig. 7).

Step 2 링크 구조 구축

- 기존 모델의 링크 구조 정보를 새로운 모델에 적용하기 위해, 기존모델의 각 링크 구조에 포함될 수 있는 새로운 모델의 3D 오브젝트 정보를 수집한다. 여기서 수집의 기준이 되는 방법은 링크를 구성하는 메쉬 오브젝트의 경계 박스(boundary box) 포함 관계 계산법을 사용한다.

Step 3 공통 모듈 간 기구학, 동작 정보 복사

- 만들어진 링크 구조 정보를 바탕으로 기존 모델의 기구학 정보(조인트, 축)와 모션 정보를 새로운 모델에 복사한다.

Step 4 새로운 모듈 기구학 정보 정의

- 새로운 모델에 존재하는 공통 모듈 이외의 모듈에 대한 기구학 정보를 입력한다.

이상의 단계를 거쳐 새로운 모델의 기구학, 동작 정보가 완성되는데, 여기서 Step 3단계까지 과정을 제안하는 방법론의 적용 범위로 한다.

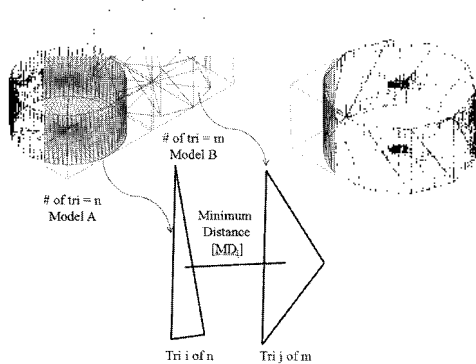


Fig. 8. Minimum distance between triangular mesh structures.

제시된 Step 1을 수행하는 방법으로 최소거리 평균(AMD) 알고리즘을 적용한다. Fig. 8은 각각 n개, m개의 삼각형을 갖는 두 실린더(Model A, Model B) 간의 유사성 정도를 정량적으로 판별하기 위해 삼각형 간의 최소 거리를 계산하는 방법을 나타내었다. 이를 위해 세 단계의 절차가 필요하데, 첫째, 수식 (1)을 이용해, 두 실린더를 구성하는 삼각형의 무게중심 집합(STCM: Set of Triangle Center of Mass)을 구한다. 수식 (1)의 Point(k, n)는 삼각형을 구성하는 K번째 삼각형의 좌표(X, Y, Z)를 말하며, 이를 Fig. 8의 예에 적용하면 STCM(Model A), STCM(Model B)를 구할 수 있다. 둘째, 수식 (2)를 이용해 기존 모델의 각 삼

각형의 무게중심으로부터 최소 거리가 되는 새로운 모델의 삼각형 무게 중심까지의 거리(MD_k)를 계산한다. 수식 (2)는 Model A의 K 번째 삼각형과 최소가 되는 삼각형을 Model B 에서 찾는 예를 표현한 것이다. 셋째, 두 모델간의 최소 거리에 대한 전체 평균(AMD)을 수식 (3)을 통해 계산한다.

$$STCM(k) = \frac{Point(k, X) - Point(k, Y) + Point(k, Z)}{3} \quad (1)$$

$$MD(Model A, k, Model B) = FindMinimumDistance(STCM(Model A, k), STCM(Model B)) \quad (2)$$

$$AMD(Model A, Model B) = \frac{\sum_{k=1}^n MD(Model A, k, Model B)}{n} \quad (3)$$

Step 2에서 적용한 경계 박스 포함관계 확인 알고리즘은 Fig. 9의 예를 통해 쉽게 이해 할 수 있다. 기구학적 구조인 링크 단위로 오브젝트가 묶여있는 좌측의 기존 모델 A는 경계 박스가 1개이며, 새로운 모델인 Model B는 2개의 경계 박스를 가지고 있다. Step 2의 목적은 새로운 모델의 어떤 오브젝트가 기존 모델의 링크에 포함되는지를 정의하는 것이다. 본 연구에서는 이를 위한 방법으로 Fig. 9의 아래와 같이 두 모델의 경계 박스를 포개어 기존 모델의 링크 경계 박스 안에 포함되는 경계박스를 갖는 새로운 모델의 오브젝트를 링크 구조의 복사 대상으로 정의하는 방법을 사용하였다.

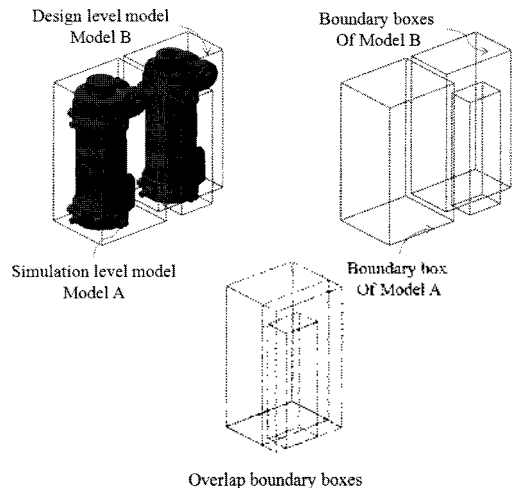


Fig. 9. Mapping a set of objects in the design model to a link using boundary boxes.

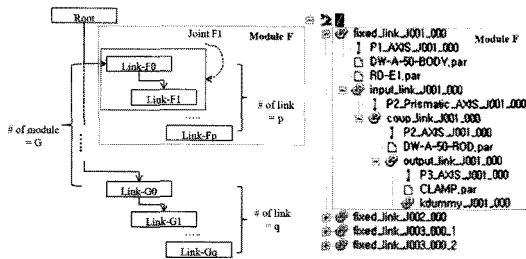
이상의 과정은 시뮬레이션에 사용된 동작 정보를 갖는 가상 설비 모델에 대하여, 기존 모델과 새롭게 설계된 모델간의 구조적 특성과 기하 정보를 바탕으로, 기구학, 동작 정보를 복사하는 것을 말할 것이다. 제안하는 방법론은 삼각망 구조를 갖는 두 대상의 거리 계산 및 경계 박스를 통한 포함관계 계산만이 요구되기 때문에, Boolean 알고리즘을 통한 모델 비교보다 계산 효율이 좋다고 말할 수 있다.

3. 모듈간 동적 요소를 복사하기 위한 방법

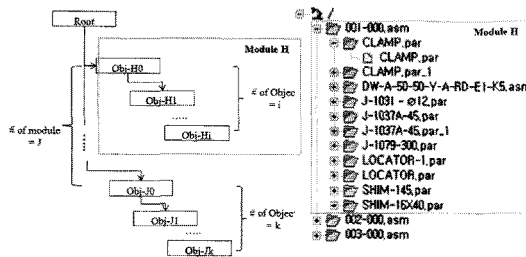
본 장에서는 2장에서 언급한 모듈 쌍 추출 및 링크 구조 구축을 적용하기 위한 알고리즘을 말할 것이다. 모듈 분리는 새로운 모델의 모듈과 과거 모델의 모듈을 Mapping을 하는 과정이며, 링크 구조 재구성은 모듈간 Mapping 관계를 토대로 기구학 정보 구조를 복사하는 것을 말한다.

3.1 모듈 분리

Fig. 10(a)는 재활용 대상이 되는 과거 시뮬레이션 모델의 계층적 정보 구조를 보이는데, 좌측은 개념 구조이며, 우측은 실제 적용 데이터이다. 여기서 좌측 개념도는 G 개의 모듈을 가지는 모델을 나타낸다. 예를 들어, 첫 번째 모듈(F 번째 링크를 갖는 모듈)의 링크



(a) A kinematic structure of the past model



(b) A designed hierarchical structure of the new model

Fig. 10. Kinematic and hierarchical structure.

가 p 깊이의 계층 구조를 가지는 것을 알 수 있는데, 본 개념은 우측의 “fixed_link_J001_000” - “input_link_J001_000” - “couple link_J001_000” - “output_link_J001_000” - “kdummy_J001_000”과 같은 네 단계 깊이의 링크 구조로 적용됨을 알 수 있다. 이 같은 계층적 기구학 정보는 동작이 정의된 가상환경 시뮬레이션 구축에 일반적으로 사용되는 방법이다^[1]. 한편, Fig. 10(b)는 Fig. 10(a)의 과거 데이터의 기구학 정보가 반영될 새로운 모델에 대한 계층적 구조를 나타낸다. 설계 단계 모델이 시뮬레이션 단계로 변환되면서, 특징형상정보는 삭제될 지라도, 모델의 설계 구조는 유지되어 있기 때문에, 우측과 같은 설계 데이터 구조를 얻을 수 있다. 아래 제시되는 알고리즘은 이러한 구조를 갖는 기존 모델과 새로운 모델간에 존재하는 공통 모듈을 추출하기 위한 방법을 단계별로 설명한 것이다.

Step 1 기존 모델을 구성하는 각 모듈들의 삼각형 무게중심 좌표 리스트를 구한다.

- 수식 (1)을 이용하여 기존 모델의 각 모듈이 갖는 삼각형의 무게중심 좌표(CM: Center of Mass) 리스트를 구한다.

Step 2 새로운 모델을 구성하는 각 모듈들의 삼각형 무게 중심 좌표 리스트를 구한다.

- Step 1과 같은 식으로, 새로운 모델의 각 모듈이 갖는 전체 삼각형의 무게중심 좌표 리스트를 구한다.

Step 3 두 모델간 모듈 Mapping Pair List을 구한다.

- Step 1과 Step 2를 통해 얻은 두 모듈의 CM 리스트를 수식 (3)에 대입하여, 모듈 Mapping리스트(기존 모델 모듈, 새로운 모델 모듈)를 정의한다. 만약 새로운 모델의 모듈 중에 Mapping 되지 않는 모듈이 있다면, 이는 새로 설계된 모듈이라 말할 수 있다.

이상의 세 단계를 통해 두 모델간에 존재하는 공통 모듈 쌍(pair of common module)을 분리해 낼 수 있다. 예를 들어 F 모듈과 H 모듈이 서로 같은 모듈이라 판명된다면, $PAIR(F, H)$ 의 결과를 얻을 수 있다. 따라서 만약 두 모델간에 공통 모듈이 C 개 존재한다면, $SizeOf(List\ PAIR(Past\ model, New\ model)) = C$ 이다. 여기서 모듈 쌍은 사용자가 정의하는 AMD 값은 기준으로 구분된다.

3.2 링크 재구성

두 모델간에 비교할 대상의 쌍이 정해지면, 기존 모

넬에 존재하는 링크 계층 정보를 새로운 모델에 적용, 복사해야 한다. 이를 위해 2장에서 언급된 3D 모델의 경계 박스 비교 방법을 사용하여 새로운 모델의 오브젝트들을 시뮬레이션 모델의 링크로 구성한다.

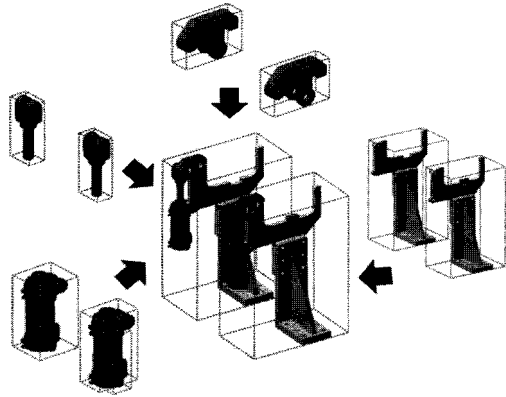


Fig. 11. An applied boundary box method for grouping links.

Fig. 11은 네 개의 링크 구조를 갖는 지그 설비에 대하여 경계 박스를 이용한 링크 구조 복사 방법을 적용한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 복사 대상이 되는 두 모듈간의 경계 박스의 크기가 일치함을 알 수 있다.

3.3. 기구학 정보 복사

기존 모델과 새로운 모델간의 모듈 쌍의 구분이 완료되고, 링크 구조 정보가 정의되면, 기구학 정보를 복사하는 과정은 매우 쉽게 진행될 수 있다. Fig. 12는 시뮬레이션 모델의 기구학 정보를 입력하는 일반적 절차인데, 여기서 “3D Solid data”는 본 연구에서 말하는 변환된 설계모델(새로운 모델)을 말하며, “Link”는 3.2의 방법을 통해 얻어진 결과 데이터를 말한다. 따라서 새로운 모델과 기존 시뮬레이션 모델의 mapping 관계 정보를 이용해 이후 기구학적 요소 복사를 1) Axis, 2) Joint, 3) Mechanism, 4) Motion의 순서로 진행하면 동일한 기구학 모델을 생성할 수

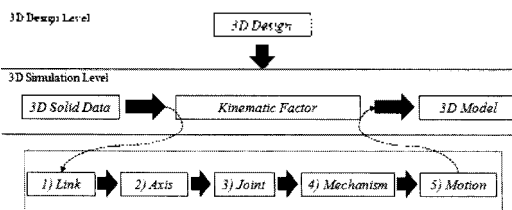


Fig. 12. Defining process of the 3D model kinematics.

있다. 여기서 축(axis)은 공간상의 방향 벡터 형식으로, 조인트는 두 개의 링크와 하나의 축을 기준으로 작성된다. 그리고 메커니즘 정보는 driving 조인트와 driven 조인트 사이의 함수관계 정의로 표현되며, 동작(motion) 정보는 메커니즘을 통해 표현되는 실비 자세(pose)사이의 움직임을 말한다. 두 개와 복사 대상과 피 대상의 링크, 축, 조인트의 상관관계를 토대로 이상의 네 가지 요소를 복사하는 것은 매우 쉽게 수행할 수 있다^{10,11)}.

4. 적용 및 논의

현대의 제조시스템을 구성하는 대부분의 설비는 동작 정보를 갖는 자동화 설비이다. 따라서 형상 검증 이후에, 기구학 정보가 수반된 동적 설비 모델은 OLP 및 PLC 시뮬레이션에 반드시 필요한 요소이다. 특히, 자동차 산업을 비롯한 대 다수의 제조 기업에서 가장 많이 사용하는 자동화 설비는 지그인데, 지그는 여러 개의 단일 지그가 조립, 조합되어 다양한 기능을 수행한다. 하지만, 지그류 설비는 규제 부위 형상이 변경됨에 따라 지그 형상이 함께 변경 되기 때문에, 형상 정보 변경 시점에 모델의 기구학 정보입력이 새롭게 작성되어야 하는 프로세스 특성을 갖는다. 본 방법론은 이 같은 가상설비 데이터의 반복적 기구학 정의 과정을 제거하는 효과적 방안으로 적용될 수 있다. 특히 자동차 제조 공정에 사용되는 지그 조합형 설비(정렬 지그, 대차)는 규제 판넬을 정렬 또는 고정하기 위하여 판넬의 각 규제 점에 지그를 배치하여 설계되는데, 실제 과정에서 과거 모듈을 재사용하는 경우가

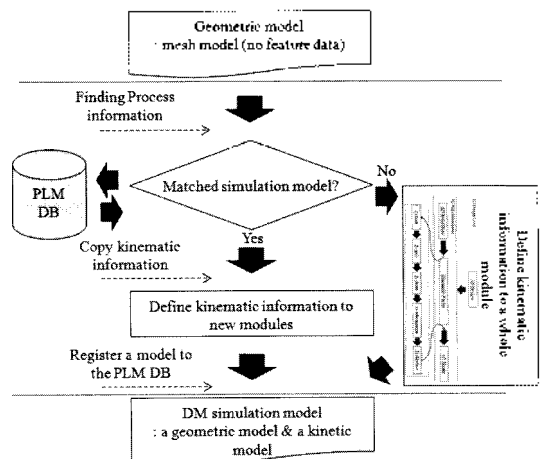


Fig. 13. A process for constructing a DM simulation model.

빈번히 발생한다. 이 문제를 해결하고자, 본 연구에서는 설계 구조 정보에 기반하여 모델을 세부 모듈로 구분하고, 과거 모델과 공통되는 모듈에 대한 기구학 정보를 복사하는 방법을 적용하였다.

Fig. 13은 기존의 DM(digital manufacturing) 시뮬레이션 모델 작성과정에 본 방법론을 적용한 프로세스를 나타낸다. 본 방법론의 적용을 통해 설비가 투입되는 프로세스 정보에 기반하여, 과거 시뮬레이션 모델을 찾고, 이와 공통되는 모듈의 동적 정보를 재사용함으로써 구축과정의 효율을 높일 수 있다. 즉, 설계 단계에서 재 사용한 모듈 수만큼 시뮬레이션 모델 구축시간을 감소시킬 수 있다. 본 연구에서 제시한 Fig. 6, 7, 10, 11의 사용 예제는 지그 설계에 사용되는 Solid Edge[®] 모델을 메쉬로 변환한 모델을 대상으로 적용하였다.

5. 결 론

본 논문은 가상환경에서 사용하는 설비 데이터의 기구학 정보 재활용을 위한 방법론을 제안하였다. 현대의 제조공정은 다수의 자동화 설비들로 이루어지는데, 이는 설계부터 검증에 이르는 과정이 컴퓨터 상의 가상환경에서 수행된다. 따라서 설비 형상 가시화(visualization) 뿐만 아니라, 동작 수행에 요구되는 기구학 정보(kinematic information)의 입력이 가상 설비 제작 및 검증을 위한 중요 요소이다. 특히, 형상 정보는 설계 단계부터 그 이력 정보를 지속적으로 유지, 사용할 수 있지만, 기구학 정보는 형상 정보 변경에 따라 매번 새로 입력되는 요소이기 때문에, 기존 가상 시뮬레이션 환경 구축 과정에 낭비적 요소로 지적되어 왔다. 기존의 가상 설비 모델의 재활용 방법론은 형상 재활용에 대한 논의에 집중되어왔기 때문에, 시뮬레이션 단계의 가상설비들을 구성함에 있어, 기존 데이터의 기구학 정보를 재사용 하는 것이 매우 힘들었다. 왜냐하면, 설계 단계와는 달리, 시뮬레이션 단계의 가상 설비데이터는 데이터 경량화(data reduction)를 통해 형상 및 구조가 매우 달라지기 때문이다.

이 같은 문제를 해결하고자, 본 논문에서는 시뮬레이션 단계의 가상 설비데이터의 기구학 정보 재활용을 위한 방법론을 제안하였다. 본 방법론은 기하 정보(geometric information)에 기반한 기구학 정보 재활용 방법을 사용하기 때문에, 데이터 구조 정보를 통한 접근 방법론 보다 더 실용적이다. 사용한 알고리즘은 크게 두 가지로 나뉘지는데, 첫째, 가상 설비 모델을 구성하는 삼각형의 무게중심을 이용하여, 기존 시뮬레

이션 단계의 모델과 새로운 설비 모델간의 모듈 mapping 관계를 구하는 방법과, 둘째, 경계 박스 크기 비교를 통한 링크 오브젝트 선정 방법이다. 이 두 알고리즘을 통하여, 두 모델간에 존재하는 공통의 모듈에 대한 기구학, 동작 정보를 재사용 할 수 있게 되었다. 특히, 본 연구에서는 형상 및 기구학 정보가 매우 복잡한 설비 중 하나인 지그 설비 모델에 방법론을 적용하였기 때문에, 모듈 별 설계를 수행하는 다른 제조 산업의 가상설비 모델에 본 방법론을 쉽게 적용할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국방부 방위사업청과 국방과학연구소(UD080042AD)와 (UD110006MD) 한국학술진흥재단(2010-0021040) 및 USN 기반 산업원천기술 개발사업(10032053) 지원으로 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Lee, S. C., Song, I. H. and Borm, J. H., "An Accurate and Efficient Method of the Splay Paint Simulation for Robot OLP", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 13, No. 4, pp. 296-304, 2008.
2. Choi, M. W., Han, S. T., Seo, J. H., Woo, J. H., Lee, C. J. and Choi, Y. R., "Digital Manufacturing Strategy & Case study of Automotive General Assembly", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 10, No. 3, pp. 199-209, 2005.
3. Noh, S. D. and Park, Y. J., "Material Planning Information Management for Automotive General Assembly using Digital Factory", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 9, No. 4, pp. 325-333, 2004.
4. Ko, M. S., Koo, L. J., Kwak, J. G., Hong, S. H., Wang, G. N. and Park, S. C., "A Study of PLC Simulation for Automobile Panel AS/RS", *한국 시뮬레이션 학회지*, Vol. 18, No. 3, pp. 1-11, 2009.
5. Park, S. C., Park, C. M. and Wang, G. N., "A PLC programming environment based on a virtual plant", *Int. J. Adv. Manufac Technol*, Vol. 39, pp. 1262-1270, 2008.
6. Park, C. M., Seong, G. Y., Park, S. C., Wang, G. N. and Han, K. H., "Simulation based Control Program Verification in Automobile Industry", *The International Conference on Modeling Identification and Control*, Innsbruck, Austria, 2008.

7. Kwak, J. G., Park, S. C. and Wang, G. N., "Acquisition of Large 3D Simulation Data from 3D CAD Data", 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 2007.
8. Yoo, D. J., "A Study on Local Hole Filling and Smoothing of the Polygon Model", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 23, No. 9, pp. 190-199, 2006.
9. Hwang, H. Y., Lee, J. Y., Yang, D. C., Kwon, T. S. and Jung, H. S., "Knowledge based Configuration Design of a Train Vehicle Body Using CATIA", 한국 철도학회 추계학술대회 논문집, 2005.
10. Ko, M. S., Kwak, J. G., Jo, H. W., Park, C. M., Wang, G. N. and Park, S. C., "A Study of Efficient Method of 3D JIG Kinematic Modeling for Automobile Process Simulation", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 14, No. 6, pp. 415-423, 2009.
11. Ko, M. S., Kwak, J. G. and Park, S. C., "Kinematic Template Generation Methodology for 3D JIG Models", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 15, No. 3, pp. 212-221, 2010.
12. Z. M. Bi and W. J. Zang, "Flexible Fixture design and automation: Review, Issues and Future Directions", *International Journal of Production Research*, Vol. 39, No. 13, pp. 2867-2894, 2001.
13. Chou, Y. C., Chandru, V. and Barash, M. M., "A Mathematical Approach to Automatic Configuration of Machining Fixtures: Analysis and Synthesis", *J. Eng. Ind.*, Vol. 111, No. 4, pp. 229-306, 1989.
14. Kan, Y., Rong, Y. and Yang, J. A., "Geometric and Kinetic Model based Computer-aided Fixture Design Verification", *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Vol. 3, 187-199, 2003.



고 민 석

2007년 아주대학교 산업정보시스템 공학부 학사
 2007년 아주대학교 산업공학과 대학원 석사
 2009년 아주대학교 산업공학과 대학원 박사 과정



신 혜 선

2007년 아주대학교 산업정보시스템 공학부 학사
 2010년 아주대학교 산업공학과 석사과정



왕 지 남

1983년 아주대학교 산업공학과 학사
 1985년 한국과학기술원 산업공학과 석사
 1992년 미 Texas A&M 산업공학과 박사
 1993년~현재 아주대학교 산업정보시스템 공학부 정교수
 관심분야: Intelligent Information & Manufacturing System, System Integration & Automation



박 상 철

1994년 한국과학기술원 산업공학과 학사
 1996년 한국과학기술원 산업공학과 석사
 2000년 한국과학기술원 산업공학과 박사
 2004년~현재 아주대학교 산업정보시스템 공학부 부교수
 관심분야: Digital Manufacturing System, CAD/CAM, CAPP, Manufacturing System Modeling & Simulation