

# 가상 기구설계 시뮬레이터에 관한 연구

임홍재<sup>†</sup> 주재환\* 성상준 장시열 이기성 신동훈 정재일 임시형

## A Study on Virtual Machine Design Simulator

Hong Jae Yim , Jae Hwan Ju, Sang Jun Sung, , Si Youl Jang, Kee Sung Lee,  
Dong Hoon Shin, Jae Il Jeong, Si hyung Lim

**Key Words :** Virtual machine(가상 장비), Simulation(시뮬레이션), Precision Stage(정밀스테이지)

### Abstract

This paper presents a virtual machine design simulation program. Kinematics of various mechanisms can be modeled with 3 dimensional geometry and actuators. CAD data for any machine component can be easily imported in STL format. Machine components are assembled with kinematic joints simply by drag and drop function in virtual graphic simulator. Interference and collision of any component with other components can be identified during the motion simulation. Graphic user interface program is developed using Microsoft Direct X code. A precision micro stage system is demonstrated with the proposed virtual machine design simulator.

### 1. 서론

가상 장비 시뮬레이션은 첨단 산업 분야에 꼭 필요한 미래 기술 중 하나로 향후 그 활용이 가장 클 것이다. 첨단 산업에 이용되는 기계는 장비의 정밀도 등에 의해 상당히 고가에 거래되고 있다. 일반적으로 장비 제어 소프트웨어를 개발하기 위해서는 개발된 제어 소프트웨어의 작동 유무 및 신뢰성을 실물 장비를 통해서 반드시 검증하여야 한다.

이 경우에 장비 제어 소프트웨어를 개발하는 팀은 초기 소프트웨어 개발을 완료했어도 실물 장비의 개발이 완료 될 때까지 소프트웨어의 검증을 기다려야 하며 실물 장비를 통한 소프트웨어 검증은 제어 소프트웨어의 오류로 인해 하드웨어에 치명적인 손상을 줄 수도 있다. 또한 다양한 단위

테스트 및 일련의 종합적인 시스템 테스트에 여러 가지 어려움이 발생할 수 있다.

본 연구의 목적은 실물 장비가 출시되기 전 단계에서도 장비 제어 소프트웨어의 개발이 가능할 수 있도록 하기 위해 가상 장비를 이용한 장비 제어 소프트웨어의 신뢰성을 검증할 수 있는 가상 장비 시뮬레이터를 개발하는 것이다. 제조장비의 하드웨어는 실물을 보고 모사할 수 있으나, 내재된 제어 및 소프트웨어 기술은 독창적이고 경쟁력 있는 기술을 확립하는 것이 매우 중요하다. 각종 공정 장비의 개발은 장비를 작동 시키는 제어 소프트웨어의 설계 개발 기술을 포함하고 있다.

특히 제어 소프트웨어의 설계 기술은 짧은 개발 기간 내에 우수한 성능의 신뢰성을 확보하는 것이 매우 중요하므로, 기존의 방법과 같이 실물 장비를 이용한 제어 소프트웨어의 검증 방법으로는 경쟁력을 확보하기 어렵다. 따라서 본 연구에서 제안하는 가상 장비 시뮬레이터를 이용한 제어 소프트웨어의 검증 시스템을 확립하는 것은 매우 중요하다.

본 연구의 중요한 목표는 앞에서 기술하였듯이 개발팀에서 개발하는 장비 시스템의 제어 소프트

---

<sup>†</sup> 국민대학교, 자동차공학 전문대학원

E-mail : jhju@kookmin.ac.kr

TEL : (02)914-8812

\* 국민대학교 , 기계 자동차 공학부

웨어를 검증하기 위한 가상 장비 시뮬레이터의 기반 기술을 구축하는 것이다. 기존의 기구 개발과정은 일반적으로 기존 제품의 설계 변경을 통한 시작품(prototype)을 개발하고, 개발된 시작품을 직접 성능 시험함으로써 설계의 문제점을 찾아내고 보완해가는 시행착오의 방법이였기 때문에 시작품의 제작 및 성능 시험이 수행되기 전의 설계 단계에서 미리 기구의 성능을 예측하여 설계를 변경하거나 개선하는 것은 불가능 하였다. 따라서 개발 중간 과정에서 미리 예측하지 못한 많은 문제점이 발견되고 이를 해결하기 위해 상당한 시간이 소요 된다.

개발 초기 단계에서 다양한 기능 요구 및 고 정밀, 고 정확도를 요구하는 설계 사양을 만족시키면서 급속한 변화 추세에 대응하기 위해서는 경험적 방법보다는 과학적이고 실험적인 접근을 통해 기구의 정확한 해석을 수행하는 것이 절실히 요구 된다. 초기 개발 단계에서 가상장비의 설계 변경 및 해석이 가능 하다면 로봇의 시작품 구성 및 성능 시험 횟수를 줄임으로써 시행착오의 가능성을 최소화하고 개발 기간을 크게 단축할 수 있다. 또한 실제 하드웨어가 사용되지 않고 무한한 수정이 가능하므로 개발비 절감 효과를 얻을 수 있다.

이와 같은 목표를 달성하기 위하여 수행해야 할 중요 연구 내용은 크게 세가지로 나누어 기술할 수 있다. 하나는 가상 장비를 3 차원 그래픽으로 시연할 수 있는 3D 영상 생성기를 개발하는 것이고(Fig. 1), 또 하나는 장비의 부품 및 부분 시스템, 그리고 전체 시스템이 제어 소프트웨어의 명령에 따라 작동되는 것을 시연할 수 있는 기구학 구동엔진을 개발하는 것이며, 제어 소프트웨어와 가상 시뮬레이터 간의 데이터를 주고 받을 수 있는 인터페이스 프로그램을 개발하는 것이다(Fig. 2). 본 연구에서는 장비의 각 구성 부품이 3 차원 직선 운동을 작동시킬 수 있는 기본적인 가상 시뮬레이터 라이브러리를 구축하고, 이를 이용하여 Alignment stage 장비의 가상 시뮬레이터를 개발할 것이다

## 2. 프로그램의 요구사항

### 2.1 File format

본 프로그램은 상용 모델링 프로그램에서 모델링을 완료한 후 그 데이터를 import 하여 사용하게 된다. 상용 모델링 프로그램에서 저장된 데이터를

import 하기 위해서는 특정 프로그램에 국한되지

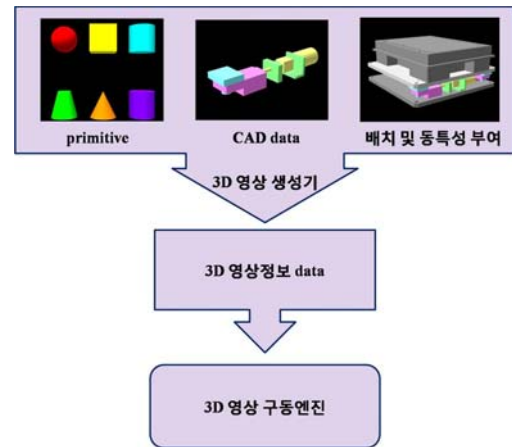


Fig. 1 Concept diagram of virtual machine simulation

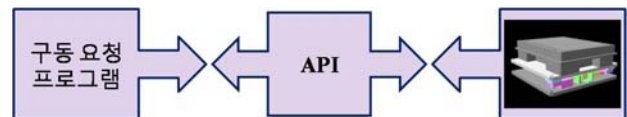


Fig.2 Concept diagram of virtual simulator

많은 file format 을 선정하여야 한다.

또한 실시간으로 시뮬레이션이 가능하기 위해서는 데이터(data)의 용량이 컴퓨터의 CPU 에 부담이 되지 않아야 한다. 본 프로그램에서는 장비의 외형 정보만 필요하므로 그에 알맞은 file format 을 선정하였다.

위 두 가지 요건을 만족하는 file format 으로 stl (stereo lithography)을 선정하였으며 본 프로그램에서는 모델링 된 파일을 stl 불러오기 기능을 사용하여 모델링을 진행한다.

### 2.2 기능적 요구사항

기구의 움직임 표현하기 위해서는 기본적인 기구 구성이 가능하여야 한다. 본 연구에서는 기구의 움직임을 병진 운동과 회전 운동으로 구분하였으며 이에 따른 병진 구동기(Translational actuator)와 회전 구동기(Rotational actuator)의 개발이 필요하다.

모델링 된 기구의 움직임을 수치적으로 표현하는 도구로서 센서(sensor)를 장착하게 되는데 이는 절대좌표를 기준으로 위치를 나타내거나 상대좌표 기준으로 거리를 나타낸다.

또한 움직임과 접촉(contact)의 유무를 판단할 수

있다.

또한 본 단계에서는 외부 상용 프로그램에서 저장된 파일을 불러 들여온 후 배치를 하게 되는데 배치의 용이성을 위해 마우스를 이용한 드래그 앤드롭 (drag & drop) 기능이 필요하며 작업 과정을 각 단계 별로 기억하여 실행 취소 및 재 실행 (undo & redo) 이 가능하도록 설계한다.

기구 단품의 개수가 많아지면 구조상 보이지 않게 되어 모델링이 어려운 부분이 발생하게 된다. 그러나 본 연구에서는 정밀한 기구의 시뮬레이션을 위한 프로그램을 개발하므로 시뮬레이션 모델링도 정밀하게 이루어져야 한다. 따라서 정밀한 모델링을 위해 선택된 단품을 보이지 않게 하는 숨기기, 나타내기 (hide & show) 기능이 필요하다.

모델링을 마친 후에 시뮬레이션 단계에서 기구의 배치 특성상 충돌이 일어날 가능성이 있는데 본 프로그램에서는 충돌을 감지할 수 있는 기능이 필요하다. 충돌 감지는 모델을 포함하는 두 개의 육면체로 이루어진 경계 상자 (bounding box) 사이의 충돌을 감지하게 된다.

### 3. 프로그램 설계

시뮬레이션은 컴퓨터를 이용한 모델의 해석 과정으로 볼 수 있으며, 성능 평가를 위해 자주 사용되고 있다. 기존의 기구 동역학 해석 프로그램은 모델의 구동을 나타내기 위해서 기구적 구성 요소뿐만 아니라 질량, 구동력 등의 요소가 필요하다. 본 연구에서 개발하는 프로그램은 모델의 외형 정보만으로 구동이 가능하므로 구동 재현 시간이 단축될 수 있다.

본 프로그램 개발에 사용된 DirectX 는 Windows 기반 PC 를 위한 표준 개발 플랫폼을 제공하는데, 개발자들로 하여금 특정 하드웨어에만 한정된 코드를 쓰지 않고서도 전문 하드웨어 기능에 액세스할 수 있도록 해준다. Window 기반의 PC 에서 사용 가능한 표준 개발 플랫폼을 제공하여 특정 하드웨어에 국한되지 않은 범용적인 프로그램 개발을 가능하게 해준다.

#### 3.1 모델링

Object 를 생성하는 함수를 primitive object 와 STL format 을 사용할 수 있도록 설계했다. STL format 은 정교한 modeling 이 가능하기 때문에 보

다 정교한 모델링이 가능하도록 하기 위해 본 프로그램에서는 62535 개의 mesh 를 인식할 수 있도록 설계 했다.

Primitive 모델은 간단히 표현할 수 있는 각 형상들을 표현하는데 필요한 구성성분을 변수화 해서 함수를 구현했다. 변수화 목록은 table 3.1 과 같다.

Render Alpha 함수를 이용해서 선택된 object 의 투명도를 조절할 수 있다. 이 함수는 유리 및 투명 아크릴 재질 등 투명 또는 반투명 속성을 갖고 있는 물체를 modeling 하는데 사용한다.

또한 Object 를 포함하는 bounding box 를 생성해서 충돌 및 간섭 체크를 구현한다. 초기 modeling 시에 접촉 또는 충돌이 있는 모델은 시뮬레이션 상에서는 충돌 체크가 되지 않도록 설계 되었다.

Table. 1 Function and variable of primitive object

Primitive name	Function	Variable
BALL	D3DXCreatSphere	Radius
BOX	D3DXCreatBox	Width, Height, Depth
CYLINDER	D3DXCreatCylinder	Height, Radius
FRUSTUM	D3DXCreatCylinder	Height, Radius1, Radius2
CONE	D3DXCreatCylinder	Height, Radius1 = 0.0, Radius2
POLYGON	D3DXCreatCylinder	Height, Radius, PolyNum

#### 3.2 구동

정밀 스테이지의 움직임을 표현하기 위한 구동기는 병진 구동기와 회전 구동기로 분류할 수 있다. 구동기를 장착 시에는 구동 축과 구동 속도를 입력 받을 수 있다.

내부적인 변환에는 D3DXVECTOR4 가 사용되며 작동 범위를 설정할 때는 사용하는 함수는 D3DX VECTOR3 이다.

구동기는 link 관계가 설정된 후에 장착을 할 수 있는데 이는 움직이는 부분의 기준을 명확하게 나타내 준다. Actuator 장착 시 작동 방향 및 속도를 설정할 수 있도록 설계했다.

병진 구동기와 회전 구동기를 설계할 때 child 가

있는 경우와 없는 경우를 구별해서 각각의 함수로 구현했다. Child 가 있는 경우에는 부모의 이동에 따라 child 의 상대 좌표를 다시 구하지만 그렇지 않은 경우에는 즉 child 만 이동한 경우에는 독립적으로 좌표를 구한다.

시뮬레이션 모드에서는 속도, 가속도, 감속도 등을 계산하여 구동이 완료되면 회전, 이동 결과 행렬을 계산한다.

#### 4. 정밀 스테이지 적용

3 장에서 서술한 바와 같이 가상 장비를 구성하기 위해서는 STL format 으로 된 CAD data 가 필요하다. 기존 상용 프로그램에서 모델링 하여 얻어진 data 를 입력 데이터로 하여 본 프로그램에서 불러오기를 수행한다. 불러온 데이터를 이용하여 스테이지를 구성한다. 전반적인 모델링은 Fig. 3 에 나타낸 순서도와 같은 형식으로 진행을 하며 충돌 여부는 모델링 단계와 시뮬레이션 단계에서 감지된다.

본 연구를 통해 개발된 프로그램을 사용하여 정밀 스테이지를 시뮬레이션 할 수 있는 가상 스테이지를 제작 하였다. 실제 스테이지의 변위는 mm 단위 이하의 매우 정밀한 움직임을 갖고 있으며 본 프로그램에서는 그에 상응하는 정밀도를 갖는 시뮬레이션을 수행했다. Fig. 4 에 가상 스테이지 모델을 나타내었으며 Fig.5 에 실제 스테이지 모델을 나타내었다.

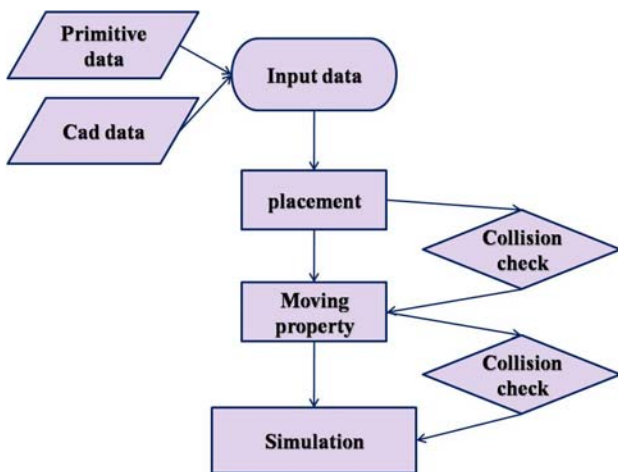


Fig. 3 Flow chart of virtual modeling procedure

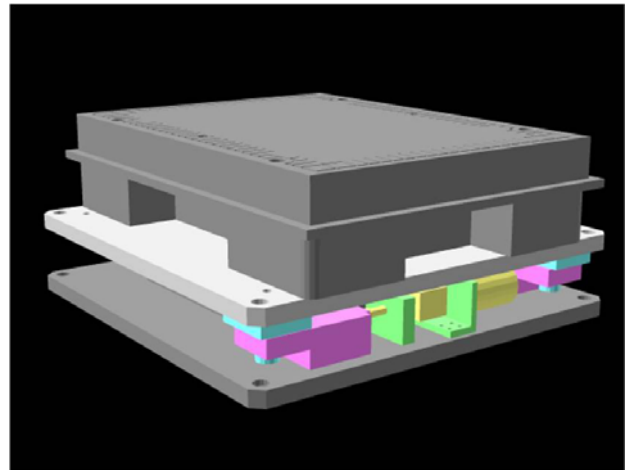


Fig. 4 Virtual stage model



Fig. 5 Prototype stage system

#### 5. 결론

시제품 생산에 있어서 제품을 생산하기 전에 문제점을 미리 확인해 보려는 시도가 대두되고 있다. 시제품이 제작되기 전에 문제점을 확인하는 방법으로, 부품 modeling 의 데이터를 이용하여 조립을 컴퓨터상에서 수행하여 각종 부품의 간섭과 여유 공간을 확인하는 Digital Mock-Up 이 있으며, 최근 국내에서도 자동차 회사를 중심으로 활발히 도입되고 있다. 또 최근 RP(Rapid Prototyping) System 에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있고, 인터넷을 통한 Virtual Reality 에서 입체적으로 시뮬레이션 해보려는 시도도 연구되고 있다.

본 연구는 개발된 장비 제어 소프트웨어의 작동 유무 및 신뢰성을 컴퓨터 상에서 가상 장비를 통

해서 검증할 수 있는 3차원 영상처리 소프트웨어 구동 프로그램을 개발하는 것이다. 현재 장비제어 소프트웨어를 개발하는 팀은 초기 소프트웨어 개발을 완료했어도 실물장비의 개발이 완료될 때까지 소프트웨어 검증시험을 기다려야 하며, 실물장비를 통한 소프트웨어는 제어 소프트웨어의 오류로 인해 하드웨어에 손상을 줄 수도 있고, 다양한 단위 테스트 및 일련의 종합 시스템 테스트에 여러 가지 어려움이 발생할 수 있다. 또한 장비 제어 시뮬레이션뿐만 아니라 여러 기구 장치의 효율적인 배치를 미리 시뮬레이션을 해 볼 수 있어서 많은 개발 비용의 절감을 기대 할 수 있다. 본 연구에서는 실물 장비가 출시되기 전 단계에서도 장비제어 소프트웨어의 개발이 가능할 수 있도록 하기 위해, 가상 장비를 이용한 장비 제어 소프트웨어의 신뢰성을 검증할 수 있는 가상장비 시뮬레이터를 아래와 같이 개발하였다.

1. Direct X 를 활용하여 프로그램을 설계하였기 때문에 본 프로그램은 범용성을 갖도록 설계 하였다.
2. 3차원 CAD Data 를 용이하게 이용하기 위하여 CATIA, SolidEdge 등에서 제공하고 있는 STL 포맷을 사용할 수 있도록 하였으며, 실제 장비 모델 데이터를 이용한 시뮬레이션을 통하여 신뢰성을 검증하였다.

본 논문의 결과물인 프로그램을 이용하여 장비 제어 소프트웨어 개발팀은 하드웨어의 개발 완료 유무와 상관없이 소프트웨어 검증시험을 수행할 수 있으며 다양한 변화에 대해 시뮬레이션 할 수 있다. 또한 실물장비를 통한 소프트웨어 제어를 보다 안정적으로 수행 할 수 있다.

## 후 기

본 과제는 서울시 산학연 클러스터사업(나노 공정 및 장비개발 혁신클러스터 사업)의 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 10583).

## 참고문헌

- (1) Daryl L. Logan, 2002, *A First Course in the Finite Element method*, 3<sup>rd</sup> edition, p188~ 240
- (2) Frnak D. Luna, 2004, *Introduction 3D GAME Programming with directX 9.0*
- (3) Wolfgang F. Engel, 2005, *Beginning Direct3D Game programming*, 2<sup>nd</sup>
- (4) Dinnis G .Zill – Michael R. Cullen, 2001, *Advanced Engineering Mathematics*, 2<sup>nd</sup> edition
- (5) YiPyo Lee, Byungsei Kim, 2002, *Microsoft Visual C++ Bible 6.0*
- (7) J.B. Taylor and J.F. Tu, 1996, Precision X–Y microstage with maneuverable kinematic coupling mechanism, *Prec Eng* **18**, pp. 85–94.
- (8) M.L. Culpepper and G. Anderson, 2004, “Design of a low-cost nano-manipulator which utilizes a monolithic, spatial compliant mechanism”, *Prec Eng* **28** , pp. 469–482.
- (9) B.J. Choi, S. Sreenivasan, S. Johnson, M. Colburn and C.G. Wilson, 2001, “Design of orientation stages for step and flash imprint lithography”, *Precision Eng.* **21** , pp. 192–199.