

# 제조시스템 시뮬레이터용 사용자 모델러 및 실시간 애니메이션 모듈 개발에 관한 연구

임종철\* · 송희석 · 이충화

## A Study on the Development of User Modeler and Concurrent Animation Module for Manufacturing Simulator

Jong-Cheel Im · Hee-Seok Song · Choong-Hwa Lee

### 〈요 약〉

제조시스템 시뮬레이션 분석과정에서 모델 검증, 엔지니어와의 커뮤니케이션 및 시뮬레이션 결과의 프리젠테이션을 위해 이제 그래픽 애니메이션은 시뮬레이터의 기본 필수 사양으로 자리잡고 있다. 본고에서는 사용자의 손쉬운 모델링 과정을 지원하는 사용자 모델러(User Modeler)와 실시간 애니메이션(Concurrent Animation) 수행을 지원하는 시뮬레이터용 애니메이션 모듈 개발에 관해 논의한다.

주요어 : 그래픽 사용자 인터페이스, 애니메이션, 사용자 모델러, 시뮬레이션, 시뮬레이터

### 1. 서론

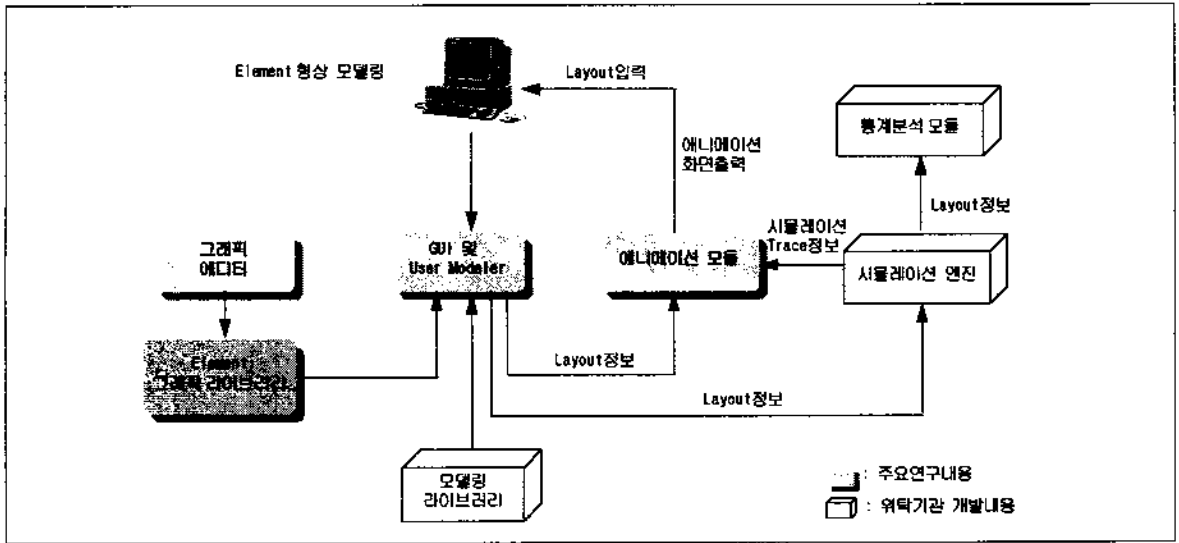
다양한 가공설비 및 물류기기로 구성된 제조시스템의 설계 및 분석을 위한 여러 접근방법중에서 동적인 상황의 시스템 분석을 위해 가장 많이 사용되고 있는 것이 컴퓨터 시뮬레이션이다[1][2].

이러한 시뮬레이션을 지원하는 시뮬레이션 소프트웨어들은 최근 사용자의 다양한 요구사항을 지원하기 위하여 사용자 정의 Clock, 세련된 통계분석기능, 온라인 도움말, 온라인 문서화, DB지원, 손쉬운 GUI 및 사용자 모델러(User Modeler), 실시간 애니메이션 등의 기능을 제공하고 있다[3]. 특히, 손쉬운 모델링 과정을 지원하는 사용자 모델러와 시뮬레이션 모델검증, 엔지니어와의 커뮤니케이션 및 시뮬레이션 결과의 프리젠테이션을 지원하는 그래픽

애니메이션은 이제 시뮬레이터의 필수 사양이 되고 있다.

본 연구에서는 시스템 설계기술과제의 일환으로 진행되고 있는 제조시스템 시뮬레이터용 사용자 모델러 및 애니메이션 모듈 설계 및 구현에 관해 논의한다. 주요 연구내용은 <그림 1>과 같고 그래픽 에디터는 차년도 연구개발 계획이며, 타 그래픽 에디터에서 생성된 모델요소 그래픽 라이브러리를 이용한 GUI 및 사용자 모델러(2절)와 애니메이션 모듈(3절)의 개발이 금년도의 주요 연구내용이다.

\* 대우정보시스템(주) CIM추진부



(그림 1) 시뮬레이터의 구조 및 연구내용

## 2. GUI 와 사용자 모델러의 설계 및 구현

### 2.1 구현동향

최근 윈도우즈 95와 윈도우즈 NT의 등장 및 Dockable Toolbar, Tab Window, Tooltip등 다양한 GUI 지원기능의 출현으로 사용자 편의성이 제품화의 중요한 성공요인으로 대두되고 있다. 특히, 시뮬레이터를 개발함에 있어서 사용자 관점에서 모델구축을 지원하는 인터페이스의 개발은 시뮬레이션 분석기간을 단축하고 모델의 정확성을 높일뿐 아니라, 제품을 특성화하는 핵심부분이라 할 수 있다. 본 절에서는 GUI 및 사용자 모델러에 관한 구현동향을 기능측면과 구현방법측면에서 정리하기로 한다.

기능관점에서의 중요한 동향은 모델구축의 융통성을 위하여 자체의 Script 언어를 제공하거나 타 프로그래밍 언어와 인터페이스를 가능케하는 방법이 이용되고 있고, 많은 비그래픽요소의 정보를 신속히 입력하고 융통성을 확보하기 위해서 다이얼로그박스 위주의 입력방식을 벗어나 Spreadsheet나 Table형태를 통한 정보입력이 늘어나고 있다. 또한, AutoMod II에서는 Conveyor, AGV, Power & Free등 물류요소의 상세한 모델링을 위해 그래픽 팔렛을 제공하여 각각의 Con-

veyor Section, AGV Path등을 drawing, 제어 가능하도록 하고 있다. 구현방법관점에서는 모델의 재사용성을 높이고 복잡한 모델링을 가능케 하기 위하여 객체지향기법의 채택이 확대되고 있다.

이러한 구현동향은 <표 1>의 경쟁제품 특성에서 살펴볼 수 있다.

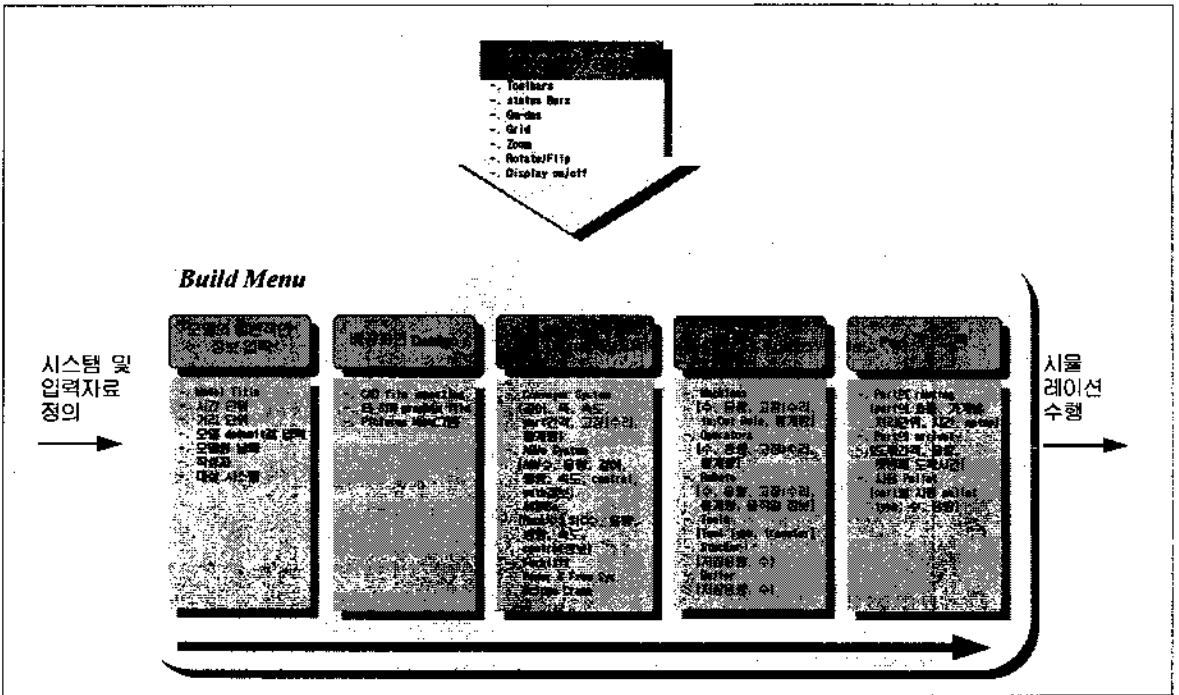
### 2.2 개발목표 및 개발전략

본 연구에서 개발중인 시뮬레이터는 <표 1>의 경쟁제품과 차별화 하기 위해서 자동화 시스템의 설계 및 운영시 현장에서 손쉬운 모델링이 가능하게 하고, FMS 및 물류시스템 모델링 기능을 강화한 한국형 시뮬레이터의 개발을 목표로 하고 있다.

이를 위해서는 모델구축방법의 체계화가 요구되는데, 구축절차 측면에서 타 시뮬레이터들은 기계, 작업자등의 주요 작업장요소를 배치, 모델링 한 후 Conveyor, AGV등의 물류요소의 path를 설치하지만 시뮬레이터 구성 전 레이아웃도면이 이미 존재하므로 사용자 관점에서 공장 레이아웃의 주요 모양을 결정하는 물류요소의 배치를 먼저하는 것이 화면 구성 및 모델링 구성에 편리하다. 따라서 본 연구에서는 <그림 2>와 같은 모델구축방법을 제시한다. 이러한 구축

〈표 1〉 시뮬레이션 S/W의 GUI 및 사용자 모델러 특징

시뮬레이션 S/W	GUI 및 사용자 모델러 특징
FACTOR/ALM [4]	- 다이얼로그박스를 이용한 다양한 정보입력 - 다수의 Built-in Rule포함
ProModel [5]	- Table-based 정보입력과 Icon-based 모델링에 의한 손쉬운 모델링 - 모델구성요소 제어미흡
Taylor II [6]	- 10개의 모델링 요소자원(Buffer, Machine, Transport, AGV, Conveyor, Warehouse, Path, Reservoir, Aid, Inout) - Keyboard-based 모델링
AutoMod II [7] (시뮬레이션 언어)	- 자세하고 손쉬운 물류 시스템 구축지원 - AutoMod language를 이용한 제어입력
AutoMod II (시뮬레이터)	- Spreadsheet를 이용한 손쉬운 모델링



〈그림 2〉 시뮬레이터의 모델구축방법

방법의 체계화는 사용자가 Step을 따라감에 따라 자동적으로 원하는 기본모델이 구축되는 AutoBuild기능의 지원을 가능하게 한다. 이러한 구축방법을 지원하기 위하여 시뮬레이터의 메뉴를 모델링 및 애니메이션시 사용자 편의의 화면을 제공해주는 View메뉴, 시뮬레이션 모델구축을 위한 Build메뉴, 시뮬레이션 실행제

어를 위한 Run메뉴, 결과출력 및 제어를 위한 Output 메뉴, 그래픽 에디터 기능을 포함하는 Pictures 메뉴로 크게 구분하였다.

이러한 시뮬레이터의 구성을 위해 본 연구에서는 모델구축편의의 GUI설계와 사용자 편의의 시스템환경 및 모델링 편의의 제조시스템 요소라는 3가지 개

발목표를 수립하였다.

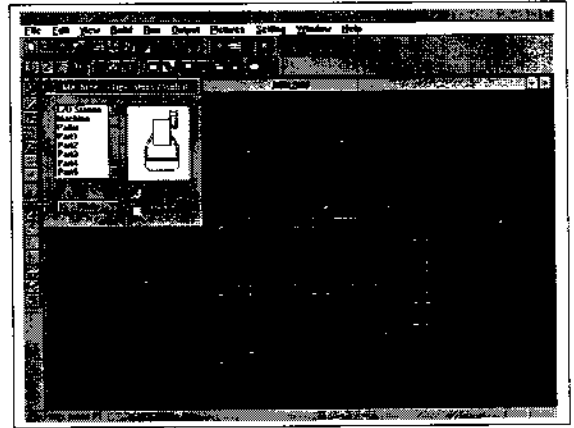
첫째로, 모델 구축 편의의 GUI설계차원에서 원하는 그래픽 라이브러리를 제공하는 그래픽 팔렛, 물류요소 설계의 편의를 제공해 주는 Draw 팔렛, 다량의 자료를 신속히 입력할 수 있는 Spreadsheet의 3가지 주요 GUI요소를 주축으로 Dockable Toolbar, Tooltip, Tab Window, Click-and-Drop Modelling등을 지원하였다. 둘째로, 사용자 편의의 시스템 환경을 위해서는 PC에서 최근 OS로 각광받고 있는 윈도우즈 NT, 윈도우즈 95를 지원하는 환경하에 마우스 중심의 모델링, 작업상태를 알려주는 상태바, 한글메뉴 및 도움말, 타 S/W와의 호환성을 제공하였다. 마지막으로, 모델링 편의의 제조시스템 요소지원을 위해 Tool, Machine, Robots, L/U Station등 다양한 FMS 모델링 요소지원과 Conveyor, AGVs, AS/RSs, Transporters등 상세제어 가능 물류요소지원 그리고, Buffer, Storage, Part, Pallet 등의 일반 제조시스템 요소를 지원한다.

### 2.3 개발내용

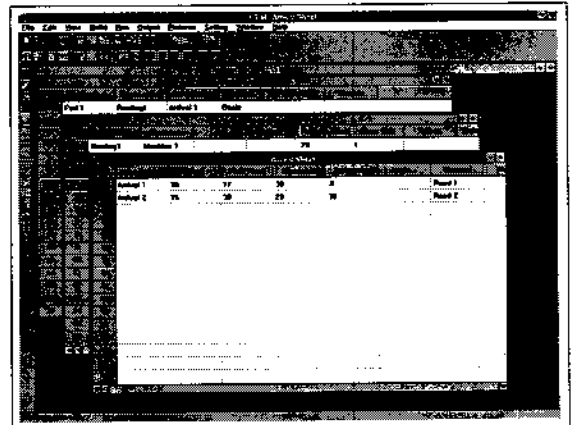
2.2절의 개발전략에 따른 구체적인 개발을 위해 본 연구에서는 모델 구성요소들을 Part, Pallet, Machine, Operator, Robot, Stocker, Buffer등 일반적인 작업장 구성요소와 Conveyor, AGV, AS/RS등의 물류요소로 구분하였다.

일반적인 작업장 구성요소는 모델링 시 좌측상단에 모델요소 그래픽 팔렛이 나타난다(그림 3). 이 그래픽 팔렛의 List Box에서 원하는 그래픽 형상을 선택하여 Place Button을 누른 후 Layout 윈도우의 원하는 위치에 놓으면 <그림 4>와 같이 그 구성요소의 정보를 입력할 수 있는 Spreadsheet가 나타난다.

물류요소의 모델링은 좌측의 Draw Pallet을 이용하여 Conveyor Section이나 AGV path를 직접 drawing하고, 물류시스템 입력 정보(Conveyor의 속도, type, 방향, Part의 발생간격, AGV의 수, 속도, path방향, 제어규칙, AS/RS의 bay, tier, aisle의 수, Stacker Crane정보, 제어규칙 등)를 시스템 다이얼로그박스나 Tab Window를 이용하여 입력한다(그림 5).



〈그림 3〉 모델요소 그래픽 팔렛 (Machine)



〈그림 4〉 모델입력 Spreadsheet(Part)



〈그림 5〉 물류요소 모델링 화면(Conveyor)

### 3. 애니메이션 모듈의 설계

#### 3.1 구현동향

그래픽 애니메이션은 구현된 시뮬레이션 모델의 디버깅과 검증, 시뮬레이션 모델의 타당성 평가, 시스템의 동적 행동(Dynamic Behavior)의 분석과 이해, 커뮤니케이션과 프리젠테이션을 위해 시뮬레이션에서 필수적이다[8][9][10][11]. 이러한 애니메이션은 컴퓨터 그래픽 처리분야의 급격한 기술발전과 다양한 사용자 요구로 보다 사실적이고 상세한 운영 묘사기능을 요구하고 있다. 최근 AutoMod II에 이어 QUEST, Taylor II 등이 완벽한 3차원 애니메이션을 특징으로 내세워 새로이 출시되거나 업그레이드 되고 있으며, 애니메이션의 부드러움과 상세한 묘사, Zoom In/Out 등을 위하여 비트맵 그래픽 보다는 벡터 그래픽이 선호되고 있다.

대표적인 시뮬레이션 S/W의 애니메이션 특징을 살펴보면 <표 2>과 같은데 AutoMod II를 제외하고는 각기 어느정도 한계를 갖고 있다.

해 벡터 그래픽을 지원하였으며, 애니메이션 중 특정 구성요소의 선택으로 그 구성요소에 대한 주요결과를 화면에 출력하게 하여 손쉽게 시뮬레이션 모델링의 오류를 검증할 수 있게 하였다.

본 연구에서는 고품질의 애니메이션을 위해 최근 Visual C++2.0의 출사와 함께 윈도우NT에서 사용이 가능한 OpenGL을 이용하여 상세묘사 애니메이션, 3차원 벡터 그래픽스, 실시간 애니메이션(Concurrent Animation) 등의 기능을 지원하고, 다양한 애니메이션 제어를 위해 애니메이션 속도조절, Zoom 및 Pan 기능, Rendering Perspective, CAD Interface, 시뮬레이션 중 애니메이션 On/Off 기능 등을 제공한다.

#### 3.3 개발내용

본 연구의 시뮬레이터는 Visual C++이라는 객체지향 언어를 이용 <그림 6>과 같은 계층구조를 형성하였는데 이러한 계층구조는 사후 유지보수성을 높여 주고 애니메이션 수행시 최소정보를 처리하여 메모리의 낭비를 줄여준다. 주요클래스를 설명하면 다음과

<표 2> 시뮬레이션 S/W의 애니메이션 특징

시뮬레이션 S/W	애니메이션 특징	비고
FACTOR/AIM	- Concurrent animation - 비트맵 그래픽스 - Zoom기능 없음	- 제조시스템 전용 S/W - 애니메이션중 결과 display안됨
ProModel	- Concurrent animation - 2차원 벡터 그래픽스	- 제조시스템, 서비스, Logistic에 활용
Taylor II	- Concurrent animation - 2차원 벡터 그래픽스	- 제조시스템, 서비스업에 활용 - 실행중 특정변수, Utilization graph display
AutoMod II	- Concurrent animation - 3차원 벡터 그래픽스	- 제조시스템 전용 - 3차원 Perspective, Solid묘사

#### 3.2 개발목표 및 전략

사용자의 다양한 애니메이션 요구사항 지원을 위해 각 모델 구성요소별로 다양한 표준 그래픽 라이브러리를 제공하여 원하는 구성요소의 원하는 모형을 애니메이션에 사용할 수 있도록 하였고, 확대/축소에 의해 그래픽 애니메이션의 질을 저하되지 않게 하기 위

같다.

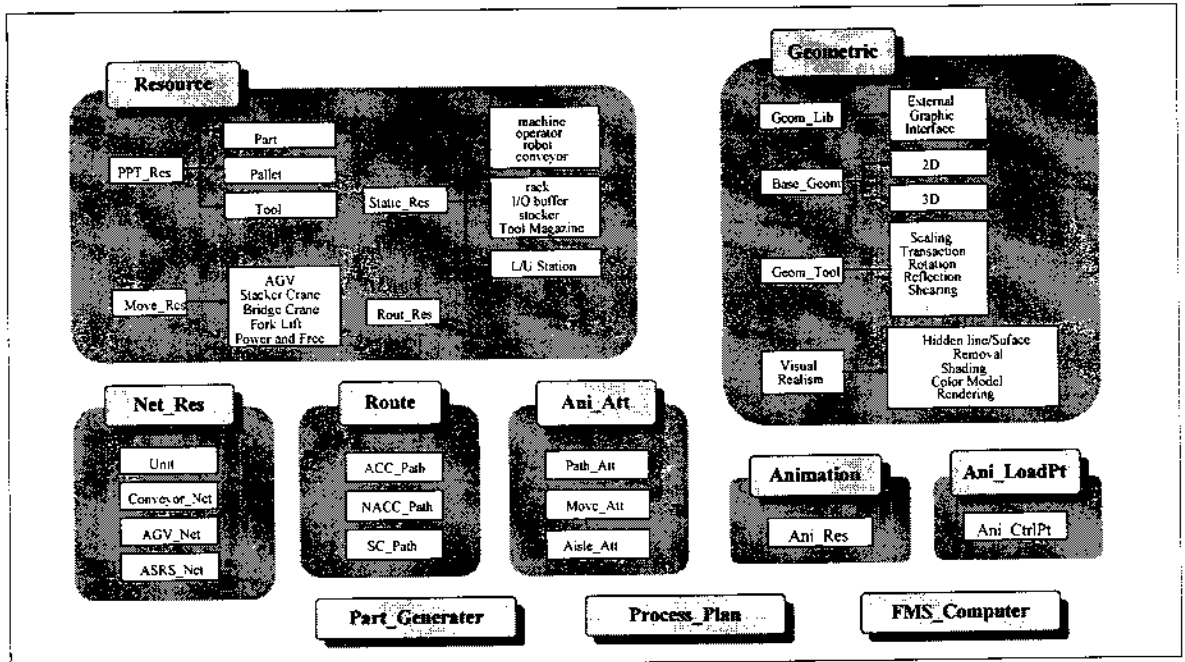
- Resource: Layout에 나타나는 실제요소인 part, pallet, tool, machine, operator, robot, Conveyor, AGV, AS/RS, Transport등을 묘사하기 위한 클래스로 동적, 정적요소 및 기타 요소로 구분되어 있음.
- Animation: 애니메이션 수행과 관련된 클래스
- Ani\_LoadPt: path위의 load point를 처리하기 위한

클래스

- Ani\_Att: 여러 Object들의 속성(attribute)을 묘사하기 위한 클래스
- Net\_Res: 정형화된 복합설비를 위한 클래스
- Part Generator: route를 따라서 움직이는 동적요소를 생성하는데 필요한 속성정보와 제어 함수들을 가지고 있는 클래스
- Process Plan: part의 흐름정보를 저장하는 클래스
- FMS\_Computer: 시스템내의 구성요소들을 제어하기 위한 클래스
- Route: 사용자가 GUI 및 사용자모델러를 통해 입력한 path로부터 Route를 구성하기 위한 클래스
- Geometric: 애니메이션시 화면에 나타나는 object들의 형상정의 및 변형시 필요한 도구를 갖고 있는 클래스

지만 PC에서 사용가능한 것은 Main plane뿐이다. 따라서, 두 Plane의 사용불가에 따른 기능보완 및 특수 효과를 내기위해 Main plane의 5가지 Logical Buffer - Front, Back, Z, Accumulation, Stencil - 를 사용한다.

이 중 Front Buffer와 Back Buffer는 애니메이션의 부드러운 수행을 위해 사용되는데, 이 Double Buffer의 이용은 지금 수행되고 있는 애니메이션 장면을 Front Buffer에서 보여주고 있는동안 다음 보여줄 장면을 계산해 Back Buffer에 그리고 이 Buffer에 그려진 화면을 Front Buffer에 복사함으로써 애니메이션시 단속적이지 않고 연속적으로 장면이 변화하도록 하여 부드러운 애니메이션을 보여줄 수 있게 한다. 일명, depth buffer라고도 하는 Z-buffer는 일정 깊이 까지 존재하는 object들만 선택적으로 display되도록 하여 지정된 층내에 있는 object를 display, view volume을 확



〈그림 6〉 애니메이션 모듈 계층구조

이러한 애니메이션의 구현을 위해 사용하는 그래픽 라이브러리로 Open GL은 Workstation에서 사용시 페뉴생성, construction lines, rubber-banding lines 등을 제공하는 Overlay plane, background grid를 생성할 수 있는 Underlay plane 및 Main plane의 3 plane을 지원하

장하는데 쓸 수 있고, Accumulation Buffer는 화면의 Pixel 때문에 거칠게 나타나는 선을 부드럽게 처리하는데 사용될 수 있다 [12].

#### 4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 제조시스템 시뮬레이터용 사용자 모델러 및 애니메이션 모듈 설계 및 구현에 관하여 논의하였다.

컴퓨터와 그래픽 처리분야의 급격한 기술발전과 시뮬레이션에 관한 사용자 요구사항의 확대로 시뮬레이터의 애니메이션에 있어 보다 사실적이고 상세한 운영을 묘사하는 애니메이션이 요구되고 있다. 이에따라 본 연구에서는 향후 Open GL(Graphic Library)을 이용한 3차원 벡터 그래픽 에디터 및 3차원 애니메이션 수행, 보다 다양하고 손쉬운 GUI 및 User Modeler 개발을 계획하고 있다.

#### 【참고문헌】

[1] Peter Gibson and Palitha S. Welgama, "Simulation Methodology in Facilities Design: knowledge from a practical application", IE, Vol.25, No.9, pp52-58, 1993

[2] R. Green and A.J.A Shak, "Simulation integration", Proc. of the 2nd Int. Conf. Automated Materials Handling Edited by Hollier, R. H., 15-17 May 1985, Birmingham, UK, pp125-129, 1985

[3] Scott K, "Simulation: Why Aren't We Where We should be:", IE, Vol.27, No.1, pp47-48, Jan. 1995

[4] Pritsker Corporation, "FACTOR/AIM User's Manual", Version5.2, Indianapolis, 1992

[5] ProModel Corp, "ProModel User's Guide", Version 2.0, OREM, Utah, 1994

[6] F&H Logistics and Automation, "Taylor II User's Manual", Version 2.0, Netherlands, 1992

[7] AutoSimulations, Inc, "AutoMod II User's Manual", Version7.5, Bountiful, Utah, 1994

[8] Averill M. Law, Michael G. McComas, "How to Select Simulation Software for Manufacturing Applications", IE, 29-35, July, 1992

[9] 김병희, "AMS 그래픽 시뮬레이션을 위한 애니매이터 개발에 관한 연구", KAIST, 1995

[10] Richard L. Smith, Lucille Platt, "Benefits of Animation in the Simulation of a Machining and Assembly Line", Simulation 48:1, 28-30, 1987

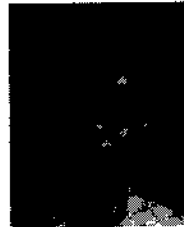
[11] M. Eric Johnson, Jacob P. Poorte, "A Hierarchical Approach to Computer Animation in Simulation Modeling", Simulation 50:1, 30-36, 1988

[12] OpenGL Architecture Review Board, "OpenGL Reference Manual", 1992



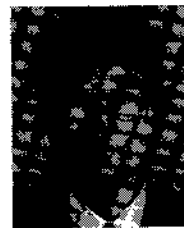
임종철

1991년 2월 부산대학교 산업공학과 졸업.  
 1994년 2월 한국과학기술원 산업공학과 석사학위 취득.  
 1994년 2월부터 현재까지 대우정보시스템 CIM추진부 재직중.  
 관심분야: Simulation, Scheduling, Virtual Factory, Graphic & Animation



송희석

1987년 2월 고려대학교 경영학과 졸업  
 1989년 2월 한국과학기술원 경영학과 석사학위 취득  
 1989년 3월 이후 대우그룹 근무  
 현 재 대우정보시스템 재직중  
 관심분야: 제조시스템 모델링 및 시뮬레이션, 전자조립형 CIM 구축, 생산 Scheduling 및 모니터링 시스템



이충화

1978년 2월 서울대학교 산업공학과 졸업  
 1980년 2월 한국과학기술원 산업공학과 석사학위 취득  
 1992년 12월 미국 펜실베이니아 주립대학원 산업공학과 박사학위 취득  
 1980년 3월부터 대우그룹 근무  
 현 재 대우정보시스템 재직중  
 관심분야: CIM, Concurrent Engineering, Virtual Factory