

3차원 그래픽을 이용한 AMS Modeler의 개발에 관한 연구

박상철, 최병규
한국과학기술원 산업공학과

Abstract

본 연구에서는 자동화 제조 시스템(Automatic Manufacturing System : AMS)의 설계 및 구현에 있어서 물리적인 검증(Physical Validation)을 위한 소프트웨어 시스템의 구조를 제안하고 구현하였다.

제안된 소프트웨어 시스템은 설비들과 물류 흐름에 있어서 간섭 검증과 운영 가능성을 검증하는 기능을 제공하며 크게 4개의 모듈로 나누어져 있다. : 1) 기본 형상들을 이용하여 원하는 형상을 정의하는 "Shape Modeling Module", 2) 실제 설비의 Kinematics와 기능을 모델링하는 "Facility Modeling Module", 3) AMS의 물리적인 배치를 구성하는 "Layout Design Module", 4) 모델링된 AMS를 실행 시켜 볼 수 있는 "Factory Emulation Module".

이와 같은 소프트웨어 시스템을 구현하기 위해 수행된 주된 연구는 다음과 같다. : 1) AMS를 구성하는 설비들을 모델링하는 방법을 제시, 2) 표준 설비들의 Instancing Parameter 제시, 3) C++과 GL을 이용하여 소프트웨어로의 구현, 4) Flexible Manufacturing System(FMS)에의 응용.

1. 서론

1.1. 연구의 배경과 필요성

자동화 제조 시스템 (AMS: Automated Manufacturing System)은 생산 계획, 가공 설비, 물류 기기, 작업자 등이 유기적으로 결합된 복잡한 시스템이다. 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 상세한 설계 분석 과정을 거쳐야 한다. 왜냐하면, 설계상의 오류가 교정되지 못한 상태로 구현되면 많은 경제적 손실을 초래하기 때문이다. 따라서 AMS를 설계 분석하는 과정에서 시스템의 타당성 검증은 필수적으로 수행되어야 한다.

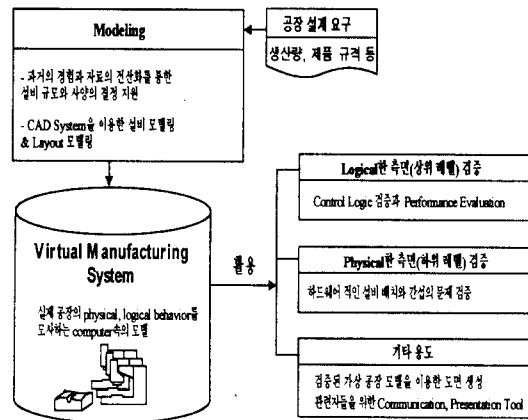
AMS의 타당성 검증은 크게 설비에 대한 물리적인(Physical) 검증과 시스템의 운영에 대한 논리적인(Logical) 검증으로 나눌 수 있다. <표 1.1>에는 이러한 검증을 위해 사용되는, 기존의 검증 모델과 문제점이 나타나 있다.

이러한 문제점으로 인해, AMS의 설계에서 제작까지 쉽게 사용할 수 있는 단일 모델의 필요성이 제기 되었고, 그에 따라 "Virtual Manufacturing System"의 개념이 제안되었다.[Iwata 95] [Onosato 93] [Norman 92] 제안된 "Virtual Manufacturing System"은 제조 시스템의 설계 및 분석을 위한 모델로써, 실제 공장의 physical/logical한 측면의 정보를 하나의 모델에서 표현함으로써 설계 작업의 정확성과 효율성을 향상시키기 위한 것이다. 최근 들어 컴퓨터 성능의 향상과 3차원 그래픽스의 발전으로 인하여 이러한 개념의 구현이 용이해졌다.

<그림 1.1>은 Virtual Manufacturing System의 구축과 활용을 정리한 것이다.

<표 1.1> AMS의 타당성 검증을 위한 기존의 모델과 문제점

타당성 검증 항목	검증 내용	검증을 위한 모델	문제점
물리적 검증	설비간섭 배치오류	2차원 도면, 2차원 CAD 모델	▶ 구축의 문제 모델링 전문가 필요. 긴 모델 구축 시간 용도에 따른 중복모델
논리적 검증	운영로직 성능평가	이산 사건 시뮬레이션 모델	▶ 활용의 문제 모델 이해가 어려움. 모델간의 불 일치성.



<그림 1.1> Virtual Manufacturing System의 구축과 활용

AMS의 설계 및 분석 작업에 있어서 Virtual Manufacturing System 모델을 사용함으로써 얻을 수 있는 이점을 정리하면 다음과 같다.

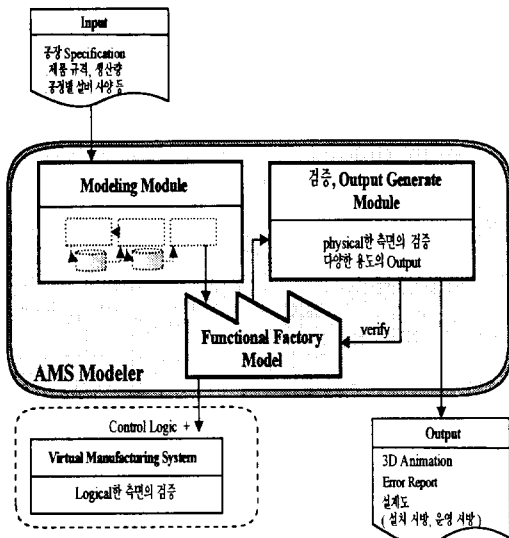
- ① FA 엔지니어가 쉽게 모델링 할 수 있고, 모델링 시간이 단축된다.
- ② 용도에 따라 별도의 모델을 작성할 필요가 없다.
- ③ 관련자들을 위한 대화 도구로 사용된다.
- ④ AMS 제작, 유지 보수 단계에서도 활용될 수 있다.

그러나 Virtual Manufacturing System의 구현과 활용에 관한 체계적인 연구가 부족하고, 기존의 자동화 제조 시스템의 설계를 돕는 시스템들도 이러한 개념을 잘 지원하지 못하고 있다. 그러므로 Virtual Manufacturing System을 개념을 체계적으로 구현하여 AMS의 설계 분석 과정을 지원하는 소프트웨어의 개발 필요성이 대두된다.

1.2. 연구의 범위

본 연구의 범위는 AMS를 대상으로 구성 설비와 layout 정보를 입력받아서 **Physical 정보(설비, 작업물)와 물류 흐름(job flow) 정보를 포함하는 모델**을 구축하고, 생성된 모델에 대해 Physical 검증을 수행함으로써, AMS의 설계 분석 과정을 돕는 소프트웨어의 구조를 제안하고 구현하는 것이다. 본 연구에서는 이러한 모델을 “**기능적 공장 모델(Functional Factory Model)**”이라 하고, 구현된 소프트웨어를 “**AMS Modeler**”라 한다.

AMS Modeler에서 생성된 기능적 공장 모델은 운영에 필요한 control logic을 추가로 모델링 하던 논리적인 측면의 검증에도 활용 될 수 있으나, 본 연구의 범위에서는 제외한다. <그림 1.2>에는 AMS Modeler의 개념도가 나타나 있다.



<그림 1.2> AMS Modeler의 개념도

2. AMS Modeler의 전체적인 구조

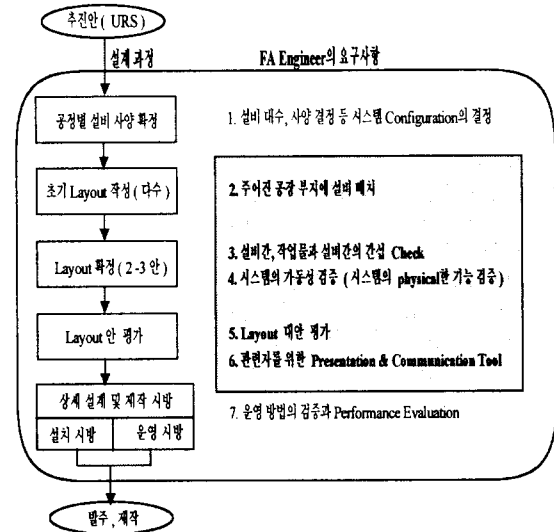
2.1. 기능적 요구조건

FA 엔지니어가 자동화 제조 시스템을 설계하는 과정인 FA Engineering Flow에서부터 추출된 FA 엔지니어의 요구사항이 <그림 2.1>에 나타나 있다. AMS Modeler는 <그림 2.1>의 요구 사항 중에서 2, 3, 4, 5, 6을 지원하는 것을 목적으로 한다.

◆ AMS Modeler의 기능적 요구조건

AMS Modeler의 용도를 만족시킬 수 있는 기능적 요구 조건은 다음과 같으며, 각각에 관련된 FA 엔지니어의 요구조건 번호가 괄호 안에 표시되어 있다.

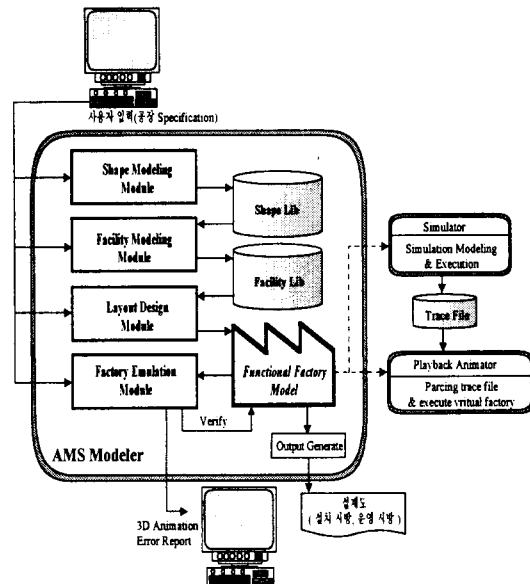
- ① 제조 시스템을 이루는 설비들의 형상과 기능을 모델링 하는 기능 (2)
- ② 모델링된 설비들을 배치하여 의도하는 Layout을 작성할 수 있는 기능 (2)
- ③ 설비간 또는 작업물과 설비와의 간섭을 사용자에게 알려주는 기능 (3)
- ④ Functional Factory Model을 작동 시켜 가동성을 검증할 수 있는 기능 (4)
- ⑤ 사용자의 효과적인 사용을 위한 Real Time View Change, Grid 지원, Wire Frame/Shading 등을 지원 할 수 있는 기능 (2, 5, 6)



<그림 2.1> FA Engineer의 요구 사항

2.2. AMS Modeler의 전반적인 구조

앞서 언급된 기능적 요구조건을 만족시키기 위한 AMS Modeler의 전반적인 구조는 <그림 2.2>와 같다.



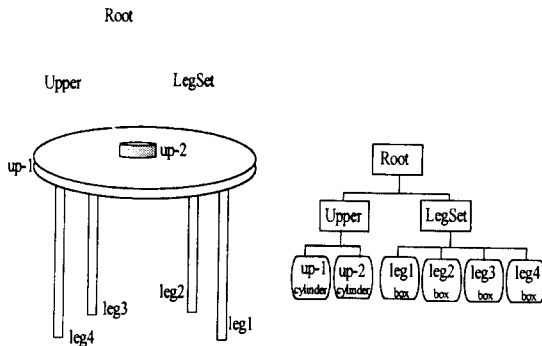
<그림 2.2> AMS Modeler의 전체적인 구조

3. 형상 모델의 구조

본 연구에서는 Primitive의 구조적인 조합으로 형상 모델을 정의한다. 즉, 형상 모델의 구성은 Primitive를 이용한 CSG(Constructive Solid Geometry) 방식 [Mantyla '88]을 채택한다. 왜냐하면 1) AMS를 구성하는 설비들이 복잡한 곡면보다는 단순한 Primitive들의 조합으로 이루어져 있고, 2) Primitive를 이용한 CSG 방식은 구현이 편리하기 때문이다.

<그림 3.1>는 형상의 구성을 설명하기 위한 그림으로써, 간단한 탁자의 형상의 구성을 나타내고 있다. Shape Modeling Module에서 모델링된 형상은 구조를 가지는 Primitive의 조합으로써 <그림 3.1>와 같이 Tree구조를 가진다. Tree의 leaf node들은 모두 실제적인 형상을 가지는 Primitive들이고, 나머지 inner node들은 실제적인 형상이 없는 개념적인 것으로써, Grouping의 의미를 가지고 있다. 이러한 inner node를 "Set"이라 부른다. 그러므로 형상 모델은 실제적인 형상을 가지는 "Primitive"들과 개념적인 Grouping의 의미를 가지는 "Set"들의 조합으로 이루어져 있다.

형상을 구조적으로 구성하는 이유는 1) 사용자에게 Grouping 기능을 제공하기 위한 것과, 2) Facility Modeling Module에서 Shape Modeling Module에서 모델링된 형상에 Kinematics를 부여하여 관절을 모델링할 때 "Set"의 개념이 필요하기 때문이다.



<그림 3.1> 형상의 구성 일례

4. 설비 모델링

AMS Modeler에서의 가상 설비의 기능적 요구 조건은 크게 두 가지로 나누어진다. 첫째는 설비의 하드웨어적인 부분에 대한 모사이고, 두 번째는 설비의 소프트웨어적인 부분에 대한 모사이다. 그러므로 가상 설비는 설비의 두 가지 측면을 포함하는 모델이어야 한다.

본 연구에서는 설비의 하드웨어적인 부분(기계적인 장치)을 "Body"라 하고, 소프트웨어적인 부분(설비의 상태를 관리하고 외부와의 Communication을 담당하는 부분)을 "Controller"로 부르기로 한다. 그러므로 설비를 모델링 하여 가상 설비를 만든다는 것은, Body와 Controller를 모델링 하여 Virtual Body와 Virtual Controller를 만든다 것과 같은 의미를 가진다. <표 4.1>는 Virtual Body와 Virtual

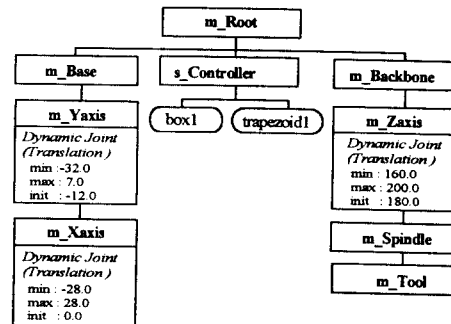
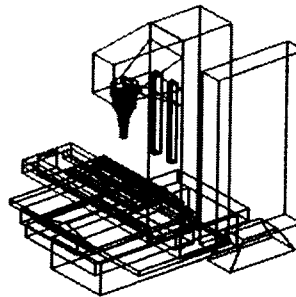
Controller가 구체적으로 설비의 어떤 특성들을 모델링 하는지를 나타낸다.

<표 4.1> Virtual Body와 Virtual Controller가 나타내는 설비의 특성

나타내고자 하는 설비의 특성	
Virtual Body	- 설비의 부피(Volume) 특성 - 설비의 움직임(Kinematics) 특성
Virtual Controller	- 설비 가동 Program(NC-Code, Robot Program)을 받아들여 Body를 움직일 수 있는 기능 - 설비의 상태를 유지하고 관리하는 기능 - 외부와 Communication하는 기능

① Virtual Body

Body는 설비를 이루는 하드웨어적인 부분을 말하는 것으로, 기계적인 장치를 말한다. Body를 모델링 한다는 것은 형상을 모델링하고 형상에 내재된 Kinematics를 모델링 하는 것인데, 형상은 Shape Modeling Module에서 모델링된 것을 읽어 들여서 사용하고, 읽어 들인 형상에 Kinematics를 추가한다. 설비의 형상은 Primitive와 Set구조적 조합으로 이루어져 있고, 설비의 관절을 표현하기 위해서 Set을 Dynamic Set으로 특성을 변화시키고, 축의 Range와 초기값 등을 설정한다. (Set은 default로는 Static Set으로 설정된다.) Kinematics는 Translation과 Rotation만 지원한다. <그림 4.1>은 3축 수직형 Machining Center Body Modeling의 결과를 나타낸다. Body의 구성에서 구체적인 Primitive들은 생략하고, 중요한 Set들의 구조만 나타내었다.



Body의 구성
(패대를 구성 하는 Set)

<그림 4.1> 모델링된 3축 수직형 Machining Center Body의 구조와 형상

5. Factory Emulation Module 구현

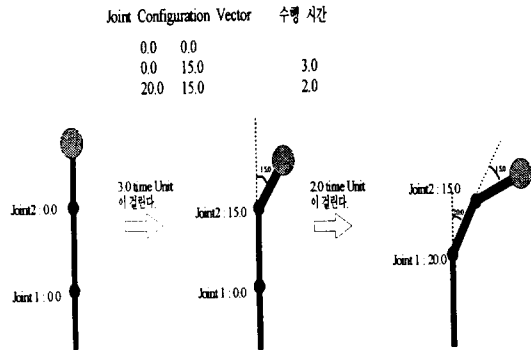
Factory Emulation Module은 구축된 Functional Factory Model 모델을 공장 구동 Program으로 운영하면서, 비정상적인 상황을 사용자에게 알려주고 수정을 가능하게 해주는 모듈이다.

◆ 교정하고자 하는 오류

- ① 설비의 간섭과 배치상의 오류
(예 : AGV와 주위의 설비의 간섭)
- ② 시스템의 가동성의 오류
(예 : 연결된 Diverter와 Conveyor의 높이가 일치하지 않는 경우)

◆ 설비 가동 Program

설비 가동 Program이란 Functional Factory Model을 구성하는 가상 설비들에게 작업을 지시할 수 있는 Program이다. 설비의 Type에 따라서 설비 가동 Program의 형식은 달라진다. 하지만 모든 설비에 공통적으로 쓰일 수 있는 설비 가동 Program을 본 연구에서는 “일반 설비 가동 Program”이라 하며 <그림 5.1>과 같이 관절을 가진 구조체에, 각 관절들의 값을 줌으로써 움직임을 지정한다.



<그림 5.1> 일반 설비 가동 Program의 예

◆ 공장 가동 Program

공장 가동 Program은 시간과 그때에 설비가 수행할 Task로 이루어진다. Task란 설비 단위로 정의된 가동 Program을 의미한다.

Time	Facility ID	task ID
0.0	StackerCranel	stask1
10.5	MCT1	mtask1, MCT2
20.0	APC1	atask1, APC2
atask2		

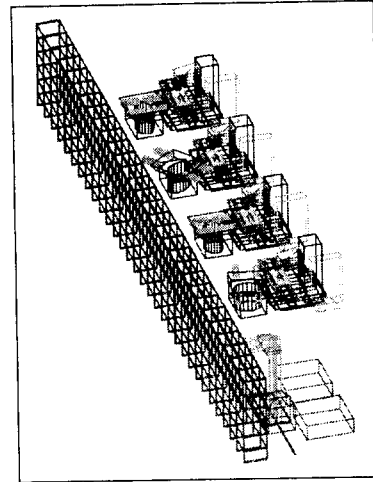
.....

<그림 5.2> 공장 가동 Program의 형식

6. FMS에의 응용

모델링의 대상인 Mazak Type FMS의 예는 KAIST 산업공학과에서 수행한 상공부 수탁연구과제인 “3차원 모사용 시뮬레이터 개발”[이충화 '94] 과제에서 시뮬레이션 예로 사용된 FMS 시범 플랜트를 일부 간략화 시킨 것이다.

구현된 AMS Modeler를 이용하여 Machining Center, Rack, Stacker Crane 등을 각각 모델링하고, 이들을 배치하여 FMS Modeling을 수행하였고 이를 가동시켜 <그림 6.1>과 같은 애니메이션 화면을 얻었다.



<그림 6.1> FMS의 애니메이션 화면

7. 결론

본 연구에서는 자동화 제조 시스템의 설계 분석 과정 중에서 컴퓨터를 이용하여 Physical 검증을 수행하기 위한 소프트웨어 시스템을 설계하고, “AMS Modeler”라는 이름으로 구현하였다. 이와 같은 AMS Modeler를 구현하기 위해서 수행된 연구는 다음과 같다.

- ① 자동화 제조 시스템의 설계 분석 과정에서 시스템 타당성 검증을 위한 기존 모델의 문제점을 정리하고, 대안으로써 Virtual Manufacturing System 모델의 활용을 제안하였다.
- ② 자동화 제조 시스템의 설계 과정에 있어서의 FA 엔지니어의 요구사항을 정리하였고, 그에 따른 AMS Modeler의 기능적 요구조건을 정리하였다.
- ③ AMS Modeler의 기능적 요구조건에 따라 각 모듈별 설계 및 구현을 하였다.
- ④ 구현된 AMS Modeler를 이용하여 FMS를 모델링 하여 유용성을 보였다.

[참고 문헌]

[Iwata '95] K. Iwata, M. Onosato, K. Teramoto, S. Osaki, " A Modeling and Simulation Architecture for Virtual Manufacturing Systems ", Annals of the CIRP, Vol. 44, 399 - 402, 1995.

[Mantyla '88] Mantyla, M., "An Instruction To Solid Modeling", Computer Science Press, Rockville, Maryland, 1988.

[McLendon '91] Patricia McLendon, "Graphics Library Programming Guide", Silicon Graphics, Inc., 1991.

[Onosato '93] Masahiko Onosato, Kazuaki Iwata, " Development of a Virtual Manufacturing System by Integrating Product Models and Factory Models ", Annals of the CIRP Vol.42, 475-478, 1993.

[Norman '92] Van B. Norman, "Future Directions In Manufacturing Simulation", Industrial Engineering July, 36-37, 1992.