

### 제조시스템의 Online 평가를 위한 Simulator 개발<sup>\*1</sup>

서윤호<sup>\*2</sup>, 정덕호<sup>\*2</sup>

울산대학교 산업공학과

제품 및 공정설계 연구실

#### Abstract

본 연구는 제조시스템 설계를 자동화하면서 설계된 제조 시스템을 평가하기 위해서 시뮬레이션 연구를 수행하였다. 제조 시스템 설계를 자동화하는 과정에서 시뮬레이션에 필요한 많은 부산물이 발생하였으며 이를 시뮬레이션에 이용하기 위해서 시뮬레이션 구성 요소 모델링 모듈과 시뮬레이션 모델 생성 모듈을 개발하였으며, 이렇게 생성된 시뮬레이션 Data를 시뮬레이션 하기 위해서 Event기반의 Simulator 모듈을 개발하였다. 이러한 시뮬레이터는 제조 시스템 자동설계 프로그램과 연동하여 제조 시스템 평가의 중요한 부분을 차지하게 될 것이다.

#### 1. 서론

제조시스템을 설계하기 위하여 제조 시스템을 모델링하고 그의 성능을 시뮬레이션을 통하여 예측하는 것은 시스템 설계를 위한 일반적인 과정이다. 일반적으로 독립된 시뮬레이터를 사용할 경우 하나의 시스템의 설계 후 그에 대한 시뮬레이션 모델 프로그램을 작성하고 시뮬레이션 결과를 다시 평가를 위해 Database에 저장하는 비효율적인 작업을 필요로 한다.

본 연구는 제조시스템 설계를 자동화하는 과정 중 하나의 설계 대안이 생성되면, 이에 부산물로 생성된 정보를 이용하여 그 제조시스템 대안 평가를 online 자동화할 수 있는 시뮬레이션 시스템을 개발하기 위함이다. 시뮬레이션 모델을 생성함에 있어서, 장비설계 단계와 장비 Configuration 단계의 부산물들을 이용하

여 시뮬레이션 모델을 생성하였다. 즉 공정에 장비를 할당할 때 제조 시스템 구성 요소(Machine, Conveyor, Buffer, etc)에 대한 정보를 이용하여 시뮬레이션 구성요소 모델링을 수행하고, 구성장비의 Configuring시 생성되는 시스템 Layout 및 물류정보를 이용하여 시뮬레이션 모델을 구축한 다음, 시뮬레이션 정보를 개발된 Simulator에 전달하여 제조시스템의 online 평가를 가능케 하는 것이다. 현재 Simulator는 "제조시스템 자동설계 시스템"의 부 시스템으로 개발되어 있으며, 제조 시스템 설계대안 평가 시 사용자의 개입이 불필요하다.

관련 연구로는, Ball P, Love D[1]는 2중 Configuration을 이용하여 시뮬레이션의 사용 편의성과 전문성을 동시에 추구한 Event 시뮬레이션을 설계 및 구현하

\*1: 본 연구는 한국과학재단지원 울산대학교 지역협력연구센터의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

\*2: 울산시 남구 무거동 산 29번지(680-749),<sup>127</sup>전화 052-259-2287, Fax 052-259- 2180,

E-mail : yhs@uou.ulsan.ac.kr

였으며, Sean Morgan[2]은 시뮬레이션 모델을 쉽게 만들기 위해서 Microsoft사의 Visual Basic의 그래픽 User Interface를 이용하여 Model을 생성하고 이러한 Data를 Quest(Deneb Robotics)에서 모델을 만들어 주는 BCL(Batch Control Language)로 바꾸어주는 시스템을 개발하였다. 그리고 이영해, 곽성근[3]은 시뮬레이션을 보다 넓고 효율적으로 사용하기 위해서 Web상에서 구현 가능한 시뮬레이션 S/W 구조와 개발 환경에 대해서 논의하였으며 David R C Hill[4]은 현상의 객체 지향적인 분석기법과 객체 지향적인 시뮬레이션에 대해서 논의하여 전반적인 Simulator 개발의 길잡이 역할을 하였다.

본 연구에서 제안한 Simulator는 제조 시스템 설계 프로그램과 연동되어 작동되므로 제조시스템 평가를 위해서 따로 제조시스템 설계자가 제조 시스템 시뮬레이션 프로그램을 작성하는 불편함을 제거하였으며, 설계대안 생성과 동시에 시뮬레이션이 online으로 수행되어 대안에 대한 평가를 내릴 수 있도록 하였으며 서운호, 정덕호[5]의 "가상 제조를 이용한 제조 라인 자동 설계" 시스템의 하나의 모듈로써 연구를 진행하였다.

## 2. 시스템 구조

본 연구에서 제안하는 시뮬레이션의 특징은 제조 시스템을 설계 및 모델링하는 과정 중 부산물로 생성되는 제조 시스템 정보를 평가를 위해 재사용되어지는 것이다. 제조 시스템 설계 본연의 임무를 제외

하고 제조 시스템을 평가할 수 있는 기반 자료를 얻기 위해 재사용 되어질 수 있는 정보는 전체Layout과 그것들을 이루고 있는 구성요소(Part, Machine, Labor, Buffer, Chute, Conveyor etc.) 그리고 제조 시스템의 운영정보(작업 방법, 작업순서)가 있다.

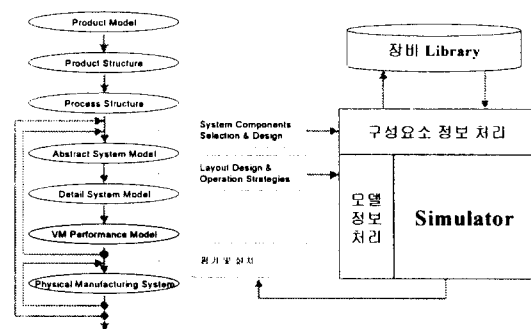


그림1. 시스템 구성

시뮬레이션 시스템은 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 첫째는 시뮬레이션 구성 요소 모델 생성 부분이다. 제조 라인 설계 프로그램의 공정 설계 부분과 연결되어 작동되는 부분으로 각각 구성요소의 특징을 모델링 한다. 둘째는 시뮬레이션 모델을 구축하는 부분이다. 이는 일반적인 시뮬레이션에서의 모델 생성방법이 아니라 첫째 단계에서 이루어진 구성요소의 목록을 이용하므로 시뮬레이션 모델을 이루는 구성요소의 세부사항에 대해서는 다루어지지 않으며, 제조 라인 설계 프로그램의 Layout생성단계에서의 부산물을 이용하여 작성되어진다. 셋째는 시뮬레이션 수행 부분이다. 수행부는 Event 시뮬레이션의 시뮬레이터를 기반으로 구현하였다. 즉 제조 라인을 평가하기 위해서 생산에서 발생하는 일반적인 상황을 시뮬레이션의 Event

개념으로 전환하였으며 그에 대한 Event 를 처리함으로써 시뮬레이션을 수행하였다.

### 2.1 구성요소 모델 생성

시뮬레이션 구성요소를 모델링 하는 모듈은 제조 시스템에서 장비 설계를 할 때 발생하는 부산물이 이용되어 그에 대한 작업이 이루어지게 된다. 그리고 각각의 시뮬레이션 구성요소는 자신의 작동체계와 그에 대한 통계 값으로 구성되어 있다.

일반적으로 제조시스템 설계 과정 중에는 어떠한 장비를 이용하여 제조시스템을 설계할 것인가를 결정하는 단계가 반드시 존재한다. 그리고 본 모듈에서는 이때의 장비 자체의 정보를 이용하려는 것이다. 이러한 장비가 가지는 정보는 기본적으로 장비의 작동체계와 장비의 작업cycle에 관련된 정보를 포함하고 있다. 장비의 작동체계는 장비자체의 작업 순서 즉, 부품이 장비에 Loading되고 가공되어진 다음 Unloading되어지는 일련의 과정을 의미하고, 일련의 과정을 이루는 각각 요소들이 자동인지, 수동인지의 정보를 포함하게 된다. 이를 바탕으로 시뮬레이션 구성요소의 모델이 이루어지며 장비의 작업체계를 이루는 각각의 일련의 작업 요소의 통계적인 특징은 장비자체의 통계적인 데이터 와 설계자로부터 또는 어떠한 공정 설계 모듈로부터 얻을 수 있을 것이다.

예를 들면, Pipe와 Flange를 조립하는 공정이 존재한다. 이를 위해 제조 시스템 설계 자 또는 자동설계 시스템은 기존

의 유휴장비를 개작하여 사용하기로 결정하였다. 개작한 유휴장비는 수동 Loading 과 자동 Operating, 자동 Unloading 자동의 특성을 가진다. Loading인 경우 수동작업이기 때문에 지금까지의 유사공정의 작업특성을 이용하여 Normal(10,4)의 통계적인 특성을 얻을 수 있었으며, Operating 과, Unloading은 장비의 기계적인 특성에 의해 계산된 값과 발생할 수 있는 오차의 한계에 의해서 Uniform(20,22), Uniform(4,5)의 통계적인 특성을 가질 수 있게 되었다. 이런 시뮬레이션 구성요소 정보는 시뮬레이터에 전달되어 장비 Library에 각각의 통계적인 특성과 작동체계가 함께 저장되어지고 장비ID에 의해서 호출되어 시뮬레이션이 수행될 때 시뮬레이션 모델과 함께 재구성되어진다.

### 2.2 시뮬레이션 모델 생성

시뮬레이션모델 생성은 제조 시스템 설계 프로그램에서의 Layout구성시의 부산물으로써 이루어진다. 시뮬레이션 모델을 이루기 위해서는 구성요소의 위치, 구성요소의 연결관계, 작업자 및 각각의 작업자의 작업 순서, 단품, 중간 조립품, 제품 등으로 구성되어 있다.

제조 시스템의 설계과정 중 Layout을 설계하는 부분은 빠져서는 안 되는 당연한 과정이다. 이러한 제조 시스템의 Layout을 설계 할 때 설계자는 제조 시스템 구성 요소 간의 관계와 Layout을 배치하고 어떠한 작업자를 어떠한 장비에 배치할 것인가를 동시에 고려하게 된다. 이러한



부에서 발생하는 Event를 실행되어야 할 시간을 기준으로 Event를 등록시키고 Event 실행부에서 Event가 실행되면 해당 Event를 제거시키는 작업을 수행한다. Event 실행부는 Event를 실행하는 것으로 Event를 Event 발행부인 장비나, 작업자에게 Event를 전달해 주는 임무와 시물레이션의 경과를 볼 수 있는 시물레이션 Time을 관리하게 된다. Event 발행부는 Event를 전달받고 발행하는 역할을 수행하면서 시물레이션을 수행해 나아간다. Event 발행부는 주로 시물레이션 모델을 구성하는 Source, Sink, Buffer, Machine, Man과 같은 구성요소이며 각각은 자신의 상태를 변경할 수 있는 State Transition Network을 갖고 있고 자기 자신과 연결되어 있는 다른 구성요소의 상태를 참조할 수 있다.

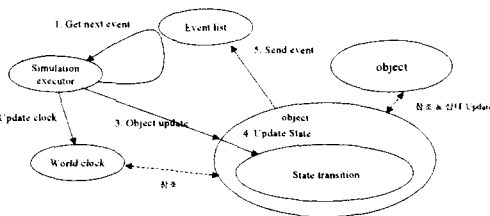


그림 3 시뮬레이터 내부 구조

### 3. 시스템 구현 및 시험적용

현재의 프로토타입 시스템은 타 응용 프로그램의 Sub Module화되어 있으며 프로그램 내부에서 자료 교환을 할 수 있으며 타 모듈과는 특정 인터페이스만으로 연결되어 있는 독립적인 모듈로 구현되어 있으며, 사용자 Input인터페이스는 존재하지 않는다. 프로토타입 시스템은 Visual C++을 이용하여 객체 지향적으로 구현하였으

며 Pentium MMX 200, 128M 메모리에서 다음과 같이 제조 시스템 시물레이션을 적용, 실험하였다.

제조 라인 자동 설계시스템에서 H자동차의 Muffler를 생산하는 S기업의 LC라인을 설계할 때 online평가를 위해서 본 연구에서 개발한 Simulator를 적용해 보았다. 표준 공정으로부터 총 11대의 장비 라이브러리가 구축되었으며 여러 개의 대안 중 1개는 8대의 장비를 이용하고, 작업자 3명으로 각각 2대에서 3대의 장비를 맞고 있다. 이때의 물류장비는 Chute라 불리는 Buffer 역할과 장비와 장비 사이를 연결해주는 기능을 갖는 것을 이용하였다. 그림 4는 자동 설계 시스템의 수행과 시물레이션 결과를 표시한 것이며, 표 1은 본 시뮬레이터의 Prototype에서 나온 online결과와 DENEBS사의 Quest를 이용한 시물레이션을 비교한 결과표이다. 결과의 큰 차이는 발견할 수 없었으나 작업자 Selection 규칙의 부재로 인한 약간의 차이가 발생한다.



대안 1

장치명	장치 Type	Utilization	생산량
SINK*END	SINK		106.000000
MACHINE*O...	MD_MACHI...	0.663043	121.000000
MACHINE*O...	MD_MACHI...	0.645833	115.000000
MACHINE*O...	MD_MACHI...	0.645652	108.000000
MACHINE*L...	MD_MACHI...	0.600906	106.000000
MACHINE*IN...	MD_MACHI...	0.735688	130.000000
MACHINE*IN...	MD_MACHI...	0.701087	129.000000
MACHINE*IN...	MD_MACHI...	0.707246	122.000000
Man0	MD_LABOR	0.749819	
Man1	MD_LABOR	0.700543	

그림 4 시물레이션 수행 및 결과 표 1. Prototype과 Quest의 시물레이션 결과 비교

비교항목	Prototype	QUEST
평균 장비 가동률	67%	70%
평균 작업자 가동률	65%	60%
생산량	106개	104개

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

제조시스템 설계를 자동화하는 과정에서 생성되는 부산물 정보를 이용하여 그 제조시스템 대안 평가를 online 자동화 할 수 있는 시뮬레이터의 Prototype을 개발하였다. 본 연구에서 제안한 Simulator는 제조시스템 설계자가 제조시스템 시뮬레이션 프로그램을 작성하는 불편함을 없애고, 설계대안 생성과 동시에 시뮬레이션이 online으로 수행되어 설계대안 평가를 내릴 수 있도록 제조시스템 설계 프로그램과 연동되어 작동되게 하였다. 본 시뮬레이터는 현재 제조라인 자동설계 프로그램의 Sub Module로 되어 있으나, 향후에는 Network 과, File, Database 등의 다양한 연결 계통을 이용하여 타 시스템과의 좀더 유연한 연동을 유지하면서 어떠한 프로그램에 종속되어 있지 않은 Simulator로 발전시킬 계획이다.

#### 참고 문헌

- [1] Ball P., Love D., 1994, "Expanding the capabilities of manufacturing simulators through application of object-oriented principles," Journal of Manufacturing Systems, vol 13/6.
- [2] Sean Morgan, 1994, "Automatic

Generation of QUEST Simulation Models," User Group Proceedings, Deneb Robotics Inc.

- [3] 이영해, 곽성근, 1998, "Web-based Simulation S/W의 설계 및 구현에 관한 연구," 대한산업공학회 '98 추계학술대회 논문집.

- [4] Hill, D. R. C., 1996, "Object-Oriented Analysis and Simulation," Addison-Wesley.

- [5] 서운호, 정덕호, 1998, "가상 제조를 이용한 제조 라인 자동 설계," 대한산업공학회 '98 추계학술대회 논문집.