

## PDP제조를 위한 가상 샵 플로우

최 경 현\*

### Virtual Shop Floor for Plasma Display Panel

Kyung-Hyun Choi\*

#### ABSTRACT

The importance of Virtual Manufacturing System is increasing in the area of developing new manufacturing processes, implementing automated workcells, and designing plant facility layouts and workplace ergonomics. Virtual manufacturing system is defined as a computer system that can generate the same information about manufacturing system structure, states, and behaviors as can be observed in a real manufacturing. It has much potential to integrate manufacturing resources and activities using computer technology. In this research, an Virtual Factory for exhausting & gas-inserting process of Plasma Display Panel(PDP) has been developed using graphic simulators QUEST/IGRIP. As methodologies behind development of the virtual factory, an Object-Oriented paradigm is employed for the system modelling and Extended State Machine is used to model the concrete behaviors of the automatic system.

**Key words** : virtual manufacturing, object-oriented modelling, factory automation

#### 1. 서 론

소비자 욕구의 다양성과 제품의 라이프사이클 단축에 따른 변화에 대응 할 수 있는 유연성이 현대의 생산시스템에 있어서의 중요한 변수로 등장하고 있다. 생산시스템을 구성하는 자동화 장비의 교체가 필요할 때는 제품생산과의 적합성과 효율성 및 안전성을 사전에 검토하여 봄으로써 불필요한 장비 구성요소들에 의한 시간과 경제적인 낭비를 예방 할 수 있다. 이것에 대한 유효한 수단으로서, 현재 가상생산에 대하여

관심이 모아지고 있다. 가상 생산은 생산에 있어서의 다양한 요구와 필요한 공정을 컴퓨터에서 모델링해서 구축을 하여 운용하는 것으로, 사전 평가를 가능케 하는 기술이며, 이러한 가상생산을 실현하는 계획을 가상생산 시스템이라 부르고 있다.<sup>1,2)</sup>

일반적인 가상생산 개념의 실현은 가상 프로토타입의 도입에 의해서 실제 생산시스템에서의 시제품을 제작해 보지 않고 3차원 그래픽 시뮬레이션에 의해서 설비의 타당성을 검증할 수 있으며, 가상공장 개념의 활용으로 실제 생산시스템과의 동일한 생산 정보, 환경, 가공 정보 등을 갖추고 생성된 정보를 가상의 공장 과 가상의 설비에 의해서 검증 후 실제 생산시스템에 적용할 수 있다.<sup>2,3)</sup>

\* 제주대학교 기계에너지생산공학부, 산업기술연구소  
School of Mechanical Eng., Res. Inst. Ind. Tech., Cheju national univ.

이러한 가상생산은 항공우주산업, 국방성, 원자력, 자동차, 그리고 경쟁적인 산업에 종사하는 다국적 기업의 커뮤니케이션 향상, 제품 개발 사이클 단축, 등을 포함하는 다양한 분야에 걸쳐 집합적으로 적용되어지고 있다.<sup>3)</sup> 또한 기업들은 새로운 제품의 개발과 운영의 합리화를 위해서 가상생산 기술을 이용해왔는데, General Dynamics, General Motors, McDonnell Douglas, Lockheed-Martin, Caterpillar, Northrop-Grumman 등과 같은 기업들은 이러한 가상생산 기술의 사용으로 개발기간을 50%로 감소시키고 라이프사이클 비용을 30% 절감시켰다.<sup>4)</sup> 가상생산을 구현하기 위한 효율적인 방법론의 연구로서, Osaki<sup>5)</sup>는 가상 생산시스템의 중요한 요소 기술인 가상 샷 플로우의 구축과 운용을 위해서 샷 플로우를 구성하는 요소의 모듈화와 그 모듈을 이용한 샷 플로우의 병렬 분산 시뮬레이션을 실현하기 위한 구조인 Open System Architecture for Virtual Shop Floor(OSAViS)를 제안하였다. Gupta<sup>6)</sup>는 조립을 위한 프로토타이핑과 설계를 다중 형태의 가상환경을 개발하여 시도 하였으며, Narayanan<sup>7)</sup>은 객체를 이용한 생산시스템 시뮬레이션에서 제어 모델링을 연구하였다. 이 들 연구에서는 객체 지향접근법이 주요 모델링 기법으로 사용이 되었다.

본 논문에서는 가상 생산시스템의 개념을 평판 디스플레이 생산을 위한 자동화 시스템에 적용하기 위해 구성요소들을 객체지향 방법론을 도입하여 모델링하고, IGRIP/QUEST<sup>®</sup>를 이용하여 시뮬레이션을 구현하여 공학적인 검증 및 실제 생산시스템 운용을 위한 정보를 생성하였다. 또한, 가상 생산시스템의 개념, 모델링 방법론 및 시뮬레이션을 위해 도입된 동적 모델링에 대하여 구체적으로 언급한다.

## II. 가상생산 시스템

### 2.1. 가상생산의 개념

가상생산은 컴퓨터 기술의 도입으로 가상의 생산 환경에서 모델에서의 문제점뿐만 아니라 실제 생산 환경에서의 문제점을 예견하고 생산자동화를 위한 제어의 가능성을 제공할 수 있다. 이러한 가상생산

기술의 도입을 통하여 새로운 제품을 제조할 때 3차원 시뮬레이션 모델에 의해서 제조의 전 단계에 걸쳐 실질적인 부품형태나 고정구 모형의 제작 비용 없이 생산 시스템을 평가할 수 있다. 즉 가상 환경에서 실제적인 시스템이나 설비의 가동 없이 실제생산시스템과 같이 모의 생산을 해볼 수 있다. 예를 들면, NC제어기를 포함하는 전체 NC머시닝 센터는 빠르고 정확하게 모델링 되어질 수 있다. 실제적인 NC 프로그램은 이를 통해서, 어떤 가공물이나 고정구와의 가공에서의 영향이나 충돌을 검증 받고, 증명되어질 수 있다. 따라서, 전체 생산 공정에 있어서의 초기 장비 설치에서 발생하는 위험감소와 비용의 낭비를 줄일 수 있다. 그러므로, 생산성은 새로운 기계를 조작하는 조작자의 경우에도 시뮬레이션 환경의 사용에 의해서, 기계 공구의 공정과 프로그램 오류 수정을 위한 비생산적인 시간의 감소 효과를 가져올 수 있으므로 향상되어질 수 있다.

가상생산을 이루는 중요한 두 개념은 가상 프로토타입(Virtual prototype)과 가상 공장(Virtual factory)이다. 가상 프로토타입은 실질적인 기계의 구성이나 활동이 없이 새로운 기계의 구상을 미리 평가할 수 있는 진보된 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 공정이다. 또한 유지와 보수 절차 개발을 위하여 사용될 수 있다. 가상 공장의 개념은 모든 생산품, 공정, 제어 정보와 함께 이미 존재하거나 건설되어지고 있는 공장의 모델로서 표현된다. 가상공장은 실제 공장을 사용하지 않고 생산의 제어, 생산성, 생산품 기능 등에 대한 잠재적인 문제를 예고하기 위한 공장의 가상모델로서 사용될 수 있어, 실제 생산 공정은 가상 공장과 병행해서 가동되어질 수 있다.

### 2.2. 가상생산시스템의 구조

가상 생산 시스템은 생산 시스템의 물리적이고 논리적인 운영에서의 행위를 시뮬레이션하고, 명확하고 정확한 전체 구조를 표현하는 컴퓨터 모델이다. Fig. 1에서 보이는 바와 같이, 가상생산 시스템에는 제품 모델(product model)과 디바이스모델(device model), 그리고 공정모델(process model)의 세 가지 모델이 포함되어져 있다. 제품 모델은 생산 공정에서 나타나

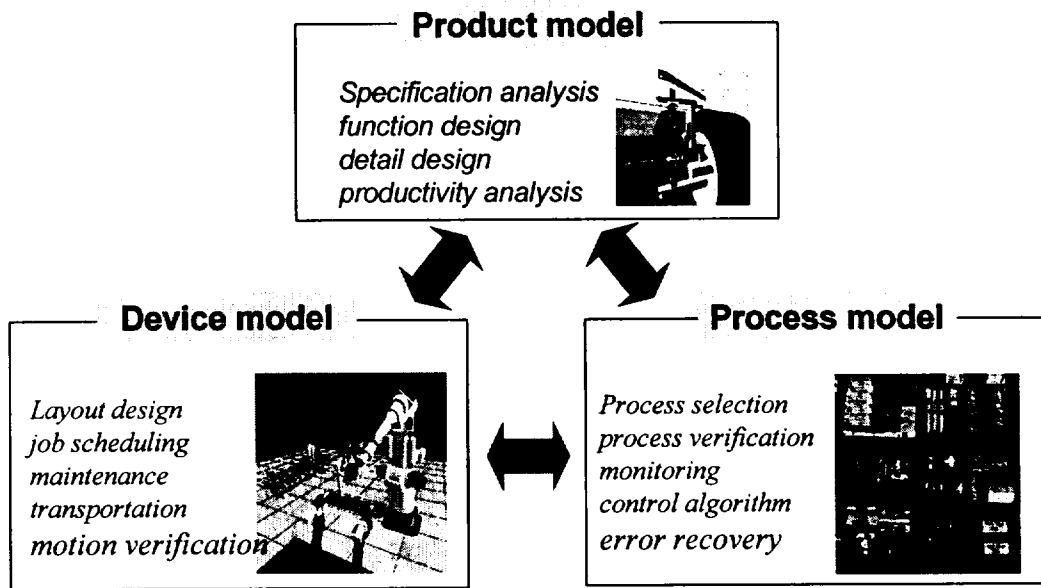


Fig. 1 Virtual manufacturing models

는 모든 형태의 부품에 대한 표현을 위해 사용되어지는 일반적인 모델이다. 그것은 개념적인 형상정보 뿐만 아니라 부품명세서, 생산성, 강도와 같은 해석 모듈을 포함하는 주요 제품들을 나타낸다. 디바이스 모델은 가상공장을 구성하는 기계들에 대한 정보를 포함한다. 이 모델의 사용에 의해서, 실제적인 기계 모형과 고정 기구의 모형을 제작하는 비용 없이 혁신적인 가공과 방법론을 추정할 수 있다. 공정모델은 생산 공정과 제품 이동 및 생산과 같은 행위를 나타내기 위해 요구되어지는 모든 실질적인 공정을 표현하기 위하여 사용되어진다.

### III. 가상 평판 디스플레이 생산 시스템

#### 3.1. 평판 디스플레이 생산 시스템 객체모델링

평판 디스플레이 양산 시스템의 객체 모델링은 객체 지향법의 하나인 OMT(Object Modelling Technology) 기법을 사용하여 구현되어졌다. 이 접근법은 전통적인 해석과 설계에 비해 의사 결정과 설계 활동에 많은 이득을 제공한다. 전통적인 접근법은 기능적인 분해에 의해서 해석되어지는 실제 세계의 문제점과 방

법의 절차와 진행을 지향한다. 그것은 시스템 특정 변화를 표현하는 변수들의 이해하기 어려운 공정들 사이의 관계와 기능적인 개발에 따른 글로벌 변수로 사용된다. 객체지향 접근법은 유사한 특징과 특성을 클래스로 정의하고, 각 클래스 사이의 커뮤니케이션은 메시지에 의해 묘사할 수가 있다. 또한 클래스에서 객체를 인스턴스함으로 새로운 객체를 정의하고, 구체적인 이들 객체 사이의 관계를 실제 시스템과 똑 같이 표현하기 위해 OMT의 클래스 관계도를 도입한다.

Fig. 2는 본 연구에서 수행된 평판 디스플레이 양산 공정 중 가스 배기 및 주입공정(exhausting & gas-inserting process)을 위해 사용한 생산시스템의 객체 구조를 표현하고 있다. 이 공정을 위한 생산 시스템은 각각 다른 기능을 수행하는 여러 개의 챔버(chamber)들로 구성이 된다. 각각의 공정 시간과 온도가 다른 가열을 위한 4개의 가열챔버(heating\_chamber)와 가열된 재료의 450°C에서의 30분간 유지공정 수행을 위한 실링챔버(sealing\_chamber), 450°C에서 400°C로의 냉각과 MgO 활성을 위한 냉각챔버(cooling\_MgO\_chamber), MgO 활성 공정 수행을 위해서 펌프를 갖추고 있는 MgO\_chamber가 있다.

블 구

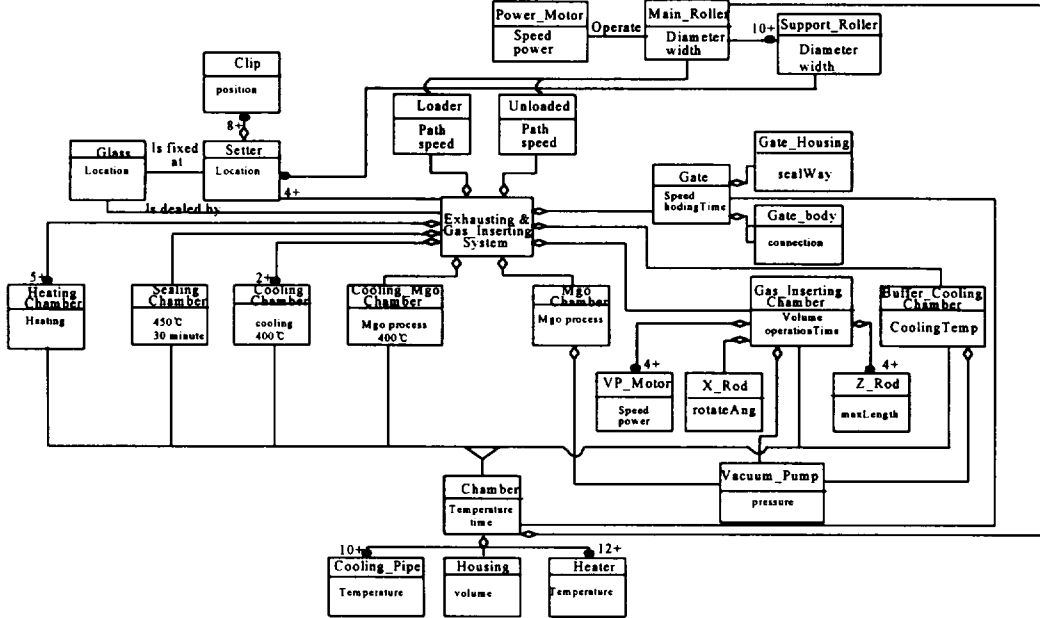


Fig. 2 Abstract model for exhausting & gas-inserting system

또한, 글라스(glass) 내부에 가스 주입 및 가스 주입구의 봉지를 위한 챔버로서 진공펌프와 주입구 봉지를 위한 z축 방향으로의 상승과 하강을 수행하는 z-rod, 그리고 z-rod의 z-축 방향으로의 이동을 수행하고 제어하기 위한 모터(파워 실린더)로 구성되어 있는 가스주입챔버(Gas\_inserting\_chamber)와 가열 챔버와 같은 구성 메커니즘을 가진 진공버퍼냉각챔버(Vacuum\_buffer\_cooling\_chamber), 글라스의 냉각을 수행하는 두 개의 냉각챔버, 마지막으로 글라스의 투입과 반입의 공정을 수행하는 로더(loader)와 언로더(unloader)로 구성이 되어있다.

각각의 챔버는 다른 시간과 온도에서의 공정을 수행하며, 냉각이나 가열을 위한 내장 파이프와 글라스의 이송을 위한 롤러와 모터를 갖추고 있다. 또한, 로더와 언로더에도 글라스의 이송을 위한 롤러와 모터가 갖추어져 있다. 모든 챔버와 챔버의 사이에는 공정의 단독적인 수행을 위한 게이트(gate)를 갖추어져 있으며, 이러한 게이트들은 개폐를 위한 유압실린더

비하고 있다. 이 시스템에 있어서의 평판디스플레이의 생산을 위한 글라스의 이송은 세터(setter)라 불리는 4각의 판에 부착되어져서 수행이 되어진다.

이러한, 객체지향 접근법에 의한 시스템 모델 구성은 기계, 장비, 작업, 센서, 오퍼레이터, 네트워크 등과 같은 실제 작업현장 실체에 매우 근접하게 모델링 할 수 있을 뿐 만 아니라 객체간의 메시지 전달에 의해 조작되어지는 시뮬레이션을 구현 할 수 있으며, 사용자에게 유연하고 효과적으로 가상의 물리적인 시스템을 구성할 수 있게 해준다.

### 3.2. 생산시스템 동적 모델링

가스 배기 및 주입공정을 위한 생산시스템의 제어 모델링 기법으로 본 연구에서는 ESM(Extended State Machines)을 사용하였다. ESM은 실시간 이산 이벤트 시스템을 모델링하는데 유용하며, 생산 시스템의 구성요소들에 의해서 발생하는 이벤트는 각각의 컨트롤러에 의해서 보고되는 것과 센서에 의해서 감

지되는 것에 의해서 상세하게 나타내어질 수 있다.

ESM의 구성요소들은 5-tuple(X, Y, C, L, A)로 나타내어지고, 여기에서 X는 행위(activity)의 집합, Y는 데이터 변수(data variable), C는 통신채널, L은 이벤트 라벨, A는 행동(action)을 나타낸다. 각각의 상태는 행위가 끝난 상태, 즉 시간적인 지속만이 존재하는 상태를 나타내고 있다.

Fig. 3은 평판의 공급과 각 챔버에서의 공정 수행을 위한 챔버, 로봇, 게이트 등의 ESM을 보여주고 있다. 즉, 본 연구에서 사용되어진 좌측 로봇과 우측 로봇의 역할은 글라스를 부착한 세터의 로딩을 수행하는 것이다. 이러한 로봇의 역할을 수행하기 위한 로직을 ESM으로서 표시하면, 먼저 좌측 로봇의 ESM은  $(\{x_1\}, \emptyset, \{C\}, \{r_1, \alpha\}, A)$  이고,  $type(x_1) = \{ready, loading\}$ 이며,  $A = \{ \{x_1, (ready, true, C?r_1, loading)\}, \{x_1, (loading, true, \alpha, ready)\} \}$ 이다. 그리고, 우측 로봇의 ESM은  $(\{x_2\}, \emptyset, \{C\}, \{r_1,$

$\beta\}, A)$  이고,  $type(x_2) = \{ready, loading\}$ 이며,  $A = \{ \{x_2, (ready, true, C?r_1, loading)\}, \{x_2, (loading, true, \beta, ready)\} \}$ 이다.

시스템에 있어서 11개의 챔버가 사용되고 있으며, 이들은 각각의 공정을 위하여 서로 다른 공정시간을 가지고 있다. 각각의 챔버에는 세터의 이동을 위한 롤러가 부착되어 있으며, 11개의 챔버 중, 글라스의 봉지를 위한 챔버인 8번째 가스 주입챔버를 제외하면 그 기계적인 구성과 동적 행위가 거의 유사하다. 따라서 이러한 유사성에 의해서 이들 챔버들의 ESM을 표시하면,  $(\{x_3\}, \emptyset, \{C\}, \{r_{2(i)}, r_3, r_4, \epsilon\}, A)$  이고,  $type(x_3) = \{ready, operation, finished\}$ 이며,  $A = \{ \{x_3, (ready, true, C?r_{2(i)}, operation)\}, \{x_3, (operation, true, \epsilon \wedge delay(t), finished)\}, \{x_3, (finished, C?r_{2(i-1)}, C!r_3, C!r_4, ready)\} \}$ 이다.

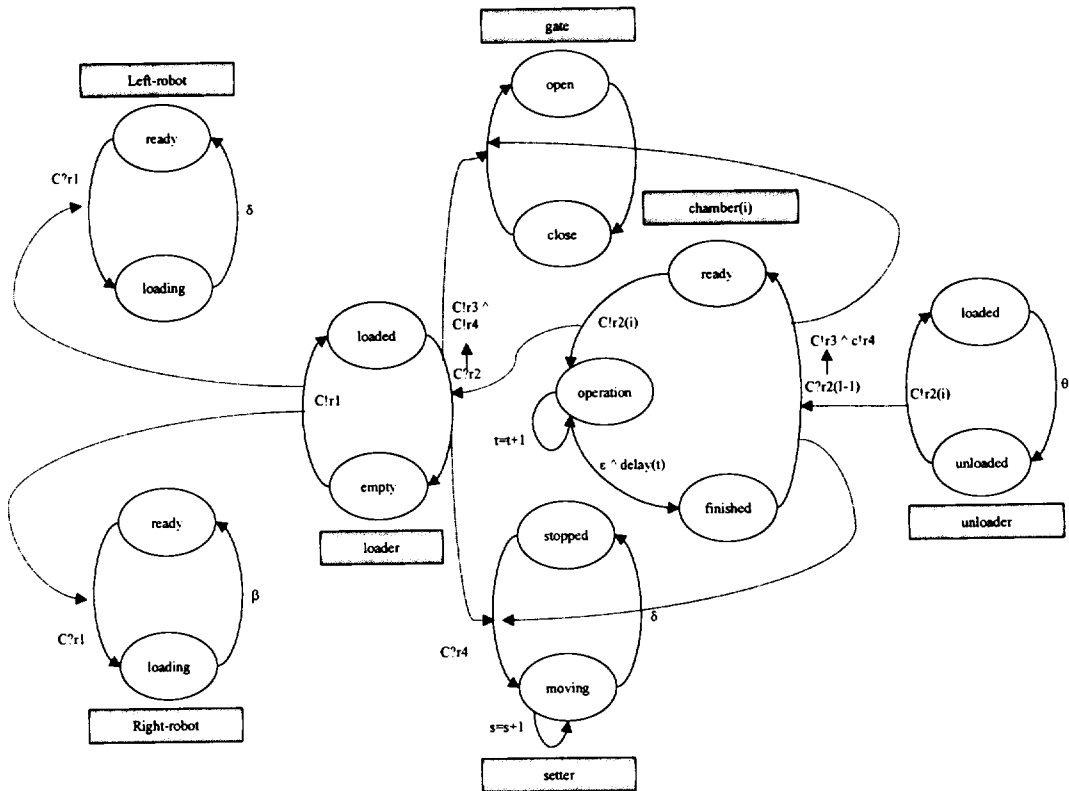


Fig. 3 Dynamic behaviour of exhausting & gas-inserting system

#### IV. 평판 디스플레이 생산 시스템의 시뮬레이션

평판 디스플레이 생산 시스템의 구조적이고 기하학적인 모델은 객체 모델에 따라 Pro/ENGINEER에서 개발되어졌다. 이들 3D 그래픽 데이터를 시뮬레이션 개발 툴인 IGRIP/QUEST에서 전체 공정을 구성하여 그래픽 시뮬레이션을 구현하였다. Fig. 4는 가상 평판 디스플레이 생산 공장의 레이아웃과 시뮬레이션, 그리고 배기 및 가스 주입공정 시스템의 레이아웃 및 공정과의 연계성을 보여주고 있다. 전체 공장의 레이아웃과 시뮬레이션은 QUEST에 의해서 이루어 졌으며, 이를 통해서 시스템의 공정 수행 중 발생할 수 있는 부품이나 재료의 원활한 공급을 위한 테스트를 수행하였다. 그리고, 실제 시스템의 구축을 위한 구성 요소들의 적절한 배치를 이를 통해서 구현하였다.

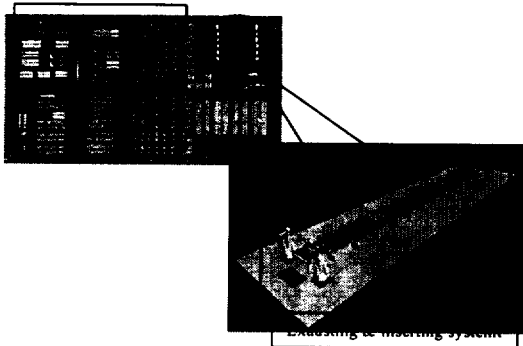


Fig. 4 Simulation relationship between PDP process and exhausting & gas-inserting process

또한, 상세한 배기 및 가스주입공정은 IGRIP상에서 각 공정을 3차원 그래픽으로 실행하였다. Fig. 5에 보이는 바와 같이, 그래픽 사용자 인터페이스는 다중 창을 이용하여 필요한 장비 혹은 부품의 상세한 공정을 검토할 수가 있다.

공정에서 사용한 물류 이동의 방법론은 Pull방식으로 되어있다. 즉, 로더와 로봇사이의 로딩을 위한 메시지 교환은 로더의 요구에 의한 로봇의 응답으로 그 작업이 수행되고 있고, 챔버들 사이의 세터의 이동은

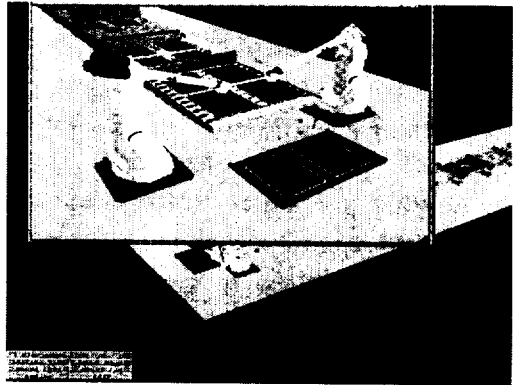


Fig. 5 Graphic user interface for virtual PDP manufacturing system

후위 챔버의 요구에 대한 전 단계 챔버의 응답에 의해 수행된다. 구체적인 동적 행위는 앞에서 정의한 ESM에 의해 이루어진다. Fig. 6에서는 배기 및 가스 주입공정의 그래픽 시뮬레이션 수행의 일부를 순서대로 나타낸 것을 보여준다.

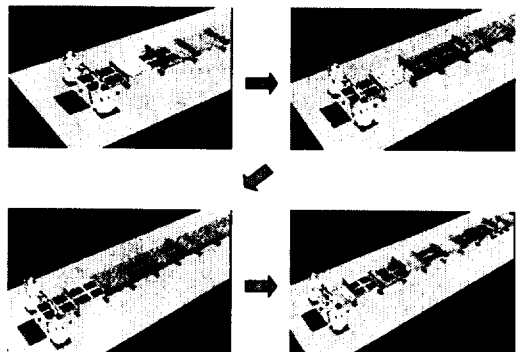


Fig. 6 Exhausting & gas-inserting graphic simulation

#### V. 결 론

본 논문에서 가상생산 시스템의 개념을 제품모델, 공정모델, 디바이스 모델로 정의하여 서술하였으며, 평판 디스플레이(PDP)를 생산하기 위한 실제 생산 시스템 구축하기 전에 실제 시스템에서 일어나는 모든 공학적인 분석을 할 수 있는 가상 생산시스템을

구축하였다. 가상생산시스템의 개발에 사용된 방법론으로 객체 지향법이 도입이 되었는데, 이는 모든 자동화 장비 및 공정이 객체로 모델링이 되어, 수정 및 변경이 용이하여 다양한 공정 기법을 적용할 수 가상 환경 구축을 가능하게 하였다. 시뮬레이션을 위한 구체적인 동적 모델링을 위하여 ESM을 사용하였으며, 객체 모델 내부에 포함되어진 모든 3차원 가상 장비들은 IGRIP과 QUEST에 의해 생성되어 생산 이벤트를 고려한 전체 공정의 시뮬레이션과 상세한 공정 즉, 배기 및 가스 주입공정 등이 효율적으로 구현되었다.

### 참고문헌

- 1) Iwata, K., 1997. Virtual Manufacturing System as Advanced Information Infrastructure for Integrating Manufacturing Resources and Activities. *Annals of CIRP*, Vol.46, No.1, pp.399-343.
- 2) Kimura, F., 1993. Product and Process Modeliing as a Kernel for Virtual Manufacturing Environment. *Annals of CIRP*, Vol.42, No.1, pp.147-151.
- 3) Choi, K. H., Kim, S. H., 1997. Integrated Object-Oriented environment for Virtual Manufacturing. *Proceeding of the International Symposium on Manufacturing Technology, ISMT'97*, New Zealand. pp.214-218.
- 4) Robert G. B., 1997. An overview of virtual manufacturing technology. *Deneb Robotics User Meeting*, pp.35-40.
- 5) Osaki, S., Onosato, M., Iwata, K., 1998. Development of Virtual Shop Floor Based on Open System Architecture (1st Report) - Proposal of Open System Architecture for Virtual Shop Floor. *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Vol.64 No.9, pp.1309-1313.
- 6) Guta, R., Whitnet, D., Zwlzert, D., 1997. Prototyping and design for assembly analysis using multimodal virtual environment. *Computer-Aided design*, Vol.29, No.6, pp.585-597.
- 7) Narayanan, S., Sreekanth, B. U., Govindaraj, T., 1994. Modeling control decision in manufacturing systems simulation using object. *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Systems, man, and Cybernetics*, San Antonio, TX, U.S.A., pp.1392-1397.