

# 객체지향 제조관리 시스템 평가를 위한 객체지향 시뮬레이터 개발

오훈연\*, 백준걸\*, 신현준\*, 이홍철\*, 김성식\*  
\* 고려대학교 산업공학과

## Development of an Object-Oriented Simulator for evaluating an object oriented CIM S/W

### ABSTRACT

제조환경 정보의 급속한 변화는 변화에 유연(flexible)하게 대처할 수 있는 제조관리 시스템 개발을 요구하게 되었으며 이를 위한 방법으로 객체지향 개발방법론을 이용한 제조관리 시스템이 구축되어 시스템 구성요소들의 재사용성, 확장성, 유연성을 높일 수 있게 되었다. 그러나 개발된 객체지향 제조관리 시스템은 과거 데이터와 불확실한 데이터를 바탕으로 개발된 시스템이므로 시스템의 타당성 및 효율성을 검증할 수 있는 방법을 필요로 하게 된다. 본 연구에서는 개발된 객체지향 제조관리 시스템의 타당성 및 효율성의 검증을 위한 방법으로 객체지향 시뮬레이터를 개발하였다. 객체지향 시뮬레이터는 개발된 제조관리 시스템이 현장에 구축되었을 때 발생할 수 있는 문제점을 사전에 검출할 수 있을 뿐만 아니라 시스템의 성능을 사전에 측정할 수 있어 제조관리 시스템의 개발비용을 단축할 수 있게 된다. 본 연구에서는 가상공장의 특성을 구현한 가상공장(virtual factory) 컴포넌트, 제조관리 시스템과의 인터페이스를 담당하는 커넥터(connector) 컴포넌트, 제조시스템의 구성환경을 모델링하는 컨피규레이션(configuration) 컴포넌트, 시뮬레이션의 시간전진을 담당하는 시계(clock) 컴포넌트 등으로 이루어진 객체지향 시뮬레이터의 프레임워크(framework)를 제시하고, 제조관리 시스템과 연계된 시뮬레이션을 통해 제조관리 시스템의 검증, 평가 방안으로 이용하였다.

### 1. 서 론

제품의 생명주기 단축, 소비자의 요구 변화, 그리고 다양한 정보의 변화 등 기업환경의 급속한 변화에 대응하는 기업 혁신을 이루기 위해서는 제조관리 프로세스 자체가 지속적인 변화를 수용할 수 있는 시스템으로 구축되어야 한다. 따라서 최근 개발되는 제조관리 시스템은 변화에 유연하게 대처할 수 있도록 객체지향 방법론 및 프로토타이핑 기법을 이용하여 개발되고 있는 추세이다. 그러나 객체지향 방법론을 이용한 제조관리 시스템을 구축할 때 여전히 발생하는 문제점은 구축된 제조관리 시스템이 현재의 제조 환경을 얼마만큼 잘 반영한 시스템인가를 확인하기 어렵다는 것이다. 개발되는 대부분의 제조관리 시스템이 과거 데이터 등의 불확실한 자료를 바탕으로 개발되

고, 개발된 제조시스템은 실제 제조 현장에 구축·설치된 후 시스템의 타당성 및 효율성을 검증 받게 된다. 또한, 검증 과정에서 개발된 제조관리 시스템의 문제점이 발생할 경우 시스템의 수정 및 보완 과정을 거치게 되므로 시스템 개발 기간이 길어지고, 구축비용도 증가하게 된다. 따라서, 제조관리 시스템 개발 시 개발된 시스템을 평가할 수 있는 방법을 개발하는 경우, 시스템 개발기간과 비용을 단축할 수 있으며 개발된 시스템의 신뢰성을 높일 수 있게 된다. 이를 위한 방법으로 본 연구에서는 가상 공장의 특성을 반영하는 시뮬레이터의 개발을 통해 제조관리 시스템을 성능을 평가하는 방안을 제시한다.

최근 들어 제조시스템의 특성을 모델링하고 분석하는 제조시스템 시뮬레이션에 대한 연구가 폭넓게 진행되고 있는 추세이지만, 대부분이 연구가 대상 공장의 성능

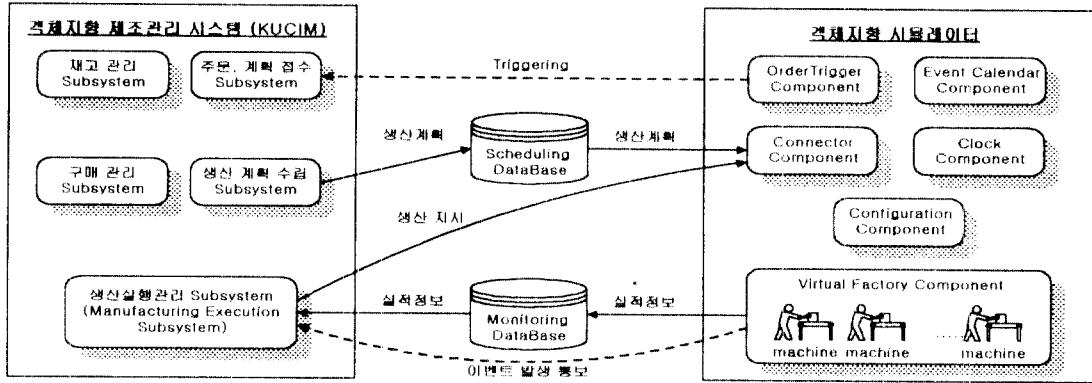


그림 1. 제조관리 시스템과 시뮬레이터와의 연결 관계

(performance) 측정을 목적으로 하고 있다. 또한 대부분의 연구에서 시물레이션 모델이 너무 추상적이고 단순화되었기 때문에 적용되는 제조시스템의 환경 변화를 수용하기 어렵고 객체지향 방법론에 따라 개발된 제조관리 시스템과의 연계를 통한 통합 시물레이션 환경을 구축하는 데는 많은 문제점이 발생한다.[7][9] 따라서 본 연구에서는 객체지향 방법론을 이용한 제조관리 시스템 개발 시 개발된 시스템이 주어진 제조 환경에서 효율적으로 구동되는지를 검증·평가하기 위한 방법으로 객체지향 방법론을 이용하여 가상 공장의 특성을 구현한 시물레이터를 개발하였다.

본 연구에서 개발된 객체지향 시물레이터는 시물레이션이 진행되는 가상 시간(virtual time)과 제조관리 시스템에서 의사 결정이 이루어지는 실제 시간(real-world time)이 공존하는 혼합(hybrid) 시물레이션이며 객체지향 제조관리 시스템과의 연결관계는 <그림 1>과 같이 설명될 수 있다. 또한 본 연구에서 개발한 객체지향 시물레이터는 고려대학교에서 연구가 진행중인 객체지향 제조관리 시스템인 KUCIM(Korea University Computer Integrated Manufacturing)을 대상으로 적용하였으며 KUCIM에 대해서는 2장에서 간략히 설명한다.

본 논문의 3장에서는 시물레이터의 구조와 특징에 대하여 기술하고, 4장에서는 시물레이터의 구축사례를 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 추후 연구방향에 대해 기술한다.

## 2. 객체지향 제조관리 시스템(KUCIM)의 구조 및 특징

제조현장에서 생산하는 제품의 종류와 특징은 많은 차이를 가질 수 있으나, 생산관련 관리업무의 흐름과 적용되는 알고리즘은 제조현장마다 유사한 특성을 가지고 있다. 따라서 객체지향 제조관리 시스템(KUCIM[2])은 제조업체의 특성에 따라 도메인을 정의하고 도메인별 생산관련 업무를 정의한 후, 객체지향 분석 및 디자인을 통해 필요한 객체를 추출하였다. 정의된 객체는 객체 라이브러리에 저장되고, 추후 시스템 구축시 대상 공장의 특성에 따라 필요한 객체를 구축된 라이브러리에서 뽑아내어 사용할 수 있도록 함으로써 재사용이 가능한 제조관리 시스템을 구축하였다. 또한 KUCIM에서는 정의된 도메인을 프레임워크화 하고 객체 관계를 패턴 분석을 통하여 정의함으로써 디자인 재사용을 보장하였으며,[5] 유연한(flexible) 제조관리 시스템 구축을 위해 모듈의 실행순서를 워크플로우 기술을 이용하여 제어하였다.[8]

KUCIM은 <그림 2>와 같은 소프트웨어 구조를 갖으

며, 워크플로우(workflow) 레벨, 서브시스템(Subsystem) 레벨, 컴포넌트(component) 레벨, MC(Manufacturing Control) 레벨로 이루어진 계층적 구조를 갖는다.

- 워크플로우 레벨 (workflow level)  
분산 모듈들의 실행 순서를 통제하는 레벨
- 서브시스템 레벨 (subsystem level)  
제조 시스템의 업무 부서를 표현하는 레벨
- 컴포넌트 레벨 (component level)  
업무 부서에서 수행할 업무를 정의하는 레벨
- MC(Manufacturing Control) 레벨  
정의된 업무를 수행하기 위한 알고리즘 또는 프로세스를 정의한 레벨

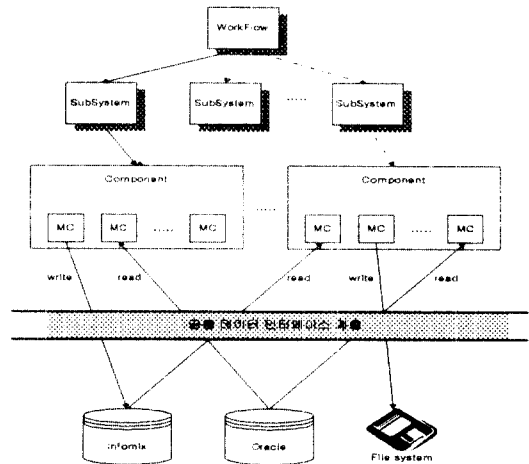


그림 2. KUCIM 소프트웨어 구조

KUCIM은 앞에서 언급한 4단계 구조를 가짐으로서 시스템의 설계 및 구조의 재사용성을 보장할 수 있으며, 제조환경의 변화시 필요한 레벨에 대한 수정만을 수행하거나 필요한 객체를 추가로 삽입함으로써 기존 시스템의 수정을 최소화할 수 있도록 하였다.

앞에서 설명한 바와 같이 KUCIM은 객체지향 방법론을 이용하여 개발된 계층적 구조를 갖는 시스템이며 여러 가지 데이터베이스에 저장된 데이터를 접근하기 위한 방법으로 공통 데이터 인터페이스[1]를 사용하였다. 따라서 KUCIM과 같은 객체지향 제조관리 시스템을 평가하기 위

한 시물레이터는 변화하는 대상공장의 환경을 반영할 수 있어야하고, 공통의 데이터베이스를 통해 제조관리 시스템과 시물레이터 사이의 연결관계를 유지할 수 있도록 설계된 시스템이어야 한다.

### 3. 객체 지향적 시물레이터

전통적인 시물레이션 기법의 한계점은 변화에 대응하기 힘든 구조를 갖는다는 점과 계층적 모델 구조를 다루는데 어렵고, 계층에 따른 세부 사항의 다양한 표현이 어렵다는 것이다.[6] 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방법으로 언급되는 것이 객체지향 개발방법론을 이용한 시물레이션의 개발이다. 본 연구에서는 앞에서 언급한 객체지향 제조관리 시스템의 검증·평가를 위한 방법으로 객체지향 시물레이터를 제안한다. 본 연구에서 제안하는 객체지향 시물레이터는 개발된 제조관리 시스템이 제조 현장에 구축된 후 시뮬되어야 하는 문제점을 해결하기 위한 방법으로 가상 공장(virtual factory)의 특성을 시물레이션을 통해 구현함으로써 구축된 제조관리 시스템의 타당성 및 효율성을 검증할 수 있도록 하였다.

기존의 객체지향 시물레이션에 대한 연구가 주로 대상 시스템의 성능을 평가하는 역할을 수행하는 것에 비해 본 연구에서 제안하는 시물레이터는 제조관리 시스템과의 인터페이스를 통해 제조관리 시스템에서 필요로 하는 사건을 생성하여 전달함으로써 구축된 제조관리 시스템의 성능을 평가할 수 있도록 한다는 점에서 많은 차이점을 갖는다. 본 연구에서 제안하는 객체지향 시물레이터는 인터페이스 모듈을 통해 제조관리 시스템과의 통신을 수행함으로써 스케줄링 작성 등의 의사 결정은 제조관리 시스템에서 이루어지고, 시물레이터에서는 가상 공장을 통해 필요한 사건을 생성하는 구조를 갖도록 하였다. 이러한 연결구조를 통해 시물레이터의 가상공장에서 가공될 작업은 제조관리 시스템의 수행결과인 생산 계획을 근거로 작성되어지고, 가상공장의 작업실적은 제조관리 시스템의 실적치로 반영될 수 있게 되어 시물레이터를 통한 제조관리 시스템의 성능을 평가할 수 있게 된다. 또한 본 연구에서는 객체지향 기법을 이용한 시물레이터를 구축함으로써 대상 공장의 물리적 환경 변화에 유연하게 대처할 수 있는 시스템을 구축할 수 있도록 하였다.

시물레이터의 객체지향 분석 및 객체 추출을 위한 방법으로 본 연구에서는 유즈케이스(use-case)를 통한 분석을 수행하였는데 분석된 유즈케이스 다이어그램(use-case diagram)은 <그림 3>과 같은 형태로 표현될 수 있다.

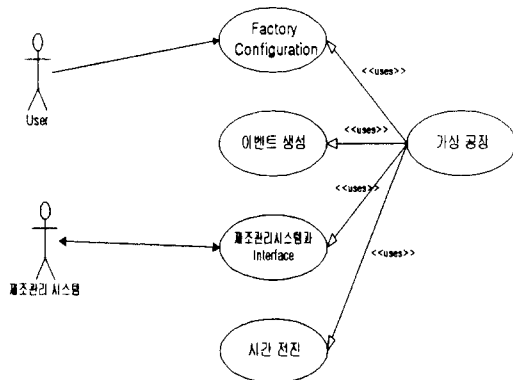


그림 3. 시물레이터 시스템 유즈케이스(use-case)

유즈케이스는 대상이 되는 시스템에서 해야될 일과 기존 시스템이 이미 하고 있는 것이 무엇인지를 묘사하는 모델링 기술이다.[3][4] 유즈케이스를 통해 추출된 객체는 클래스 다이어그램(class diagram)을 통해 객체들 사이의 관계가 규명되고, 객체들간의 실행 순서는 실행 순서 다이어그램(sequence diagram)을 통해 기술된다. 이와 같은 방법으로 추출된 객체들은 기능상의 종속성을 갖는 객체들끼리 모여 컴포넌트를 구성하게 된다.

본 연구에서 제안하는 객체지향 시물레이터의 구성 컴포넌트는 <그림 4>와 같은 클래스 다이어그램으로 나타낼 수 있으며, 컴포넌트 사이의 실행순서는 <그림 5>와 같은 실행순서 다이어그램으로 표현할 수 있다.

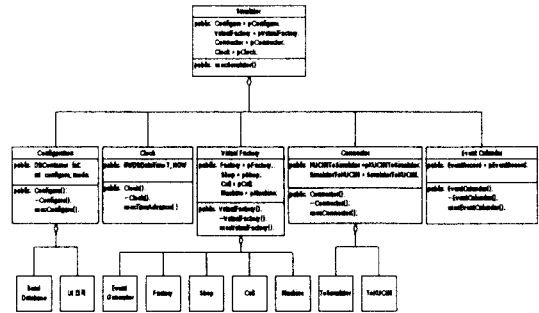


그림 4. 컴포넌트 클래스 다이어그램

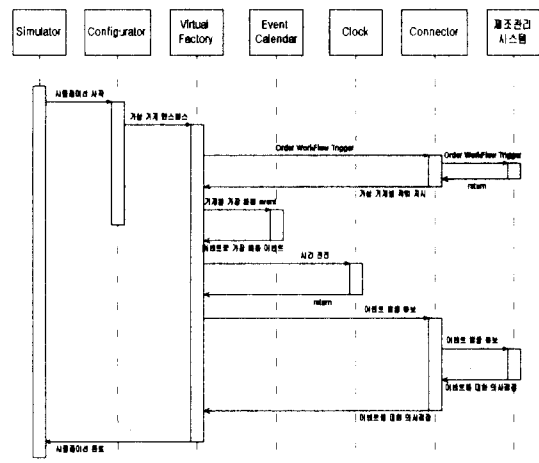


그림 5. 컴포넌트간 실행순서 다이어그램

### 3.1 시물레이터 구조

본 연구에서 제안하는 시물레이터는 <그림 6>과 같은 구조를 갖으며 시물레이터를 구성하는 컴포넌트는 대상 공장의 물리적 환경을 정의하는 키퍼규레이션(configuration) 컴포넌트, 가상공장의 특성을 묘사하여 제조관리 시스템에서 전달받은 생산계획에 따라 작업을 수행하는 가상 공장(virtual factory) 컴포넌트, 여러 개의 가상 기계에서 발생한 사건을 총괄하여 관리하는 사건 캘린더(event calendar) 컴포넌트, 제조관리 시스템과 통신을 위한 커넥터(connector) 컴포넌트, 시물레이션의 시간 전진을

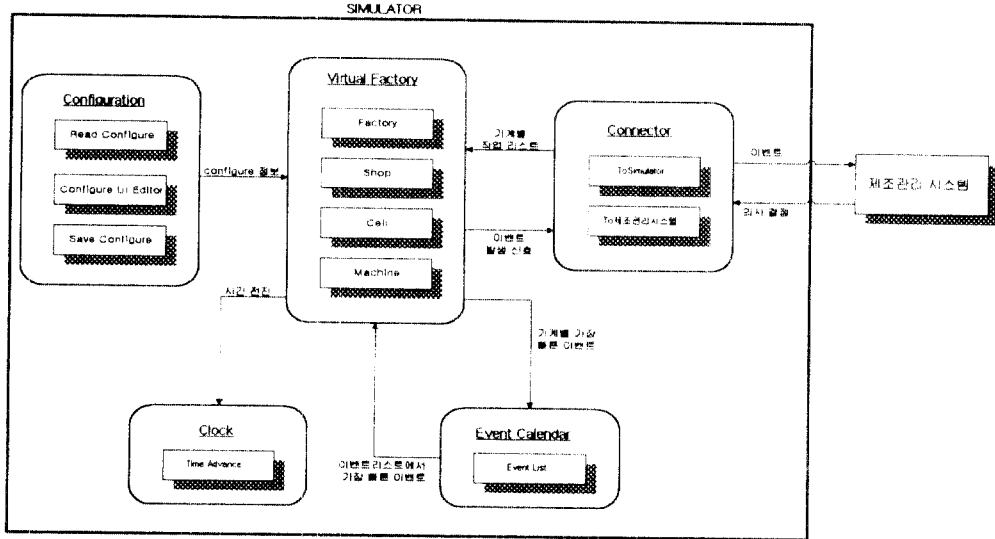


그림 6. 시뮬레이터 전체 구조

담당하는 시계(clock) 컴포넌트로 구성되어진다. 시뮬레이터는 제조관리 시스템과의 인터페이스를 통해 시물레이션을 진행하게 되는데, 시물레이션이 진행되는 동안 발생하는 사건은 제조관리 시스템으로 전달되고 제조관리 시스템에서는 전달받은 사건에 대한 의사결정을 수행한 후 수행된 결과를 다시 시뮬레이터에게 전달한다. 따라서 제조관리 시스템에서 의사결정이 진행되는 동안 시물레이션의 시간 전진은 가상시간(virtual time)이 아닌 실제시간(real-world time)으로 전진되어야 하는데, 그 이유는 제조

관리 시스템에서 의사결정이 진행되는 짧은 시간에도 시물레이션은 몇 시간 또는 몇 일의 시간 전진이 발생할 수 있기 때문이다.

시뮬레이터를 이용한 가상공장의 작업 진행은 <그림 7>과 같은 시나리오를 통해 이루어진다.

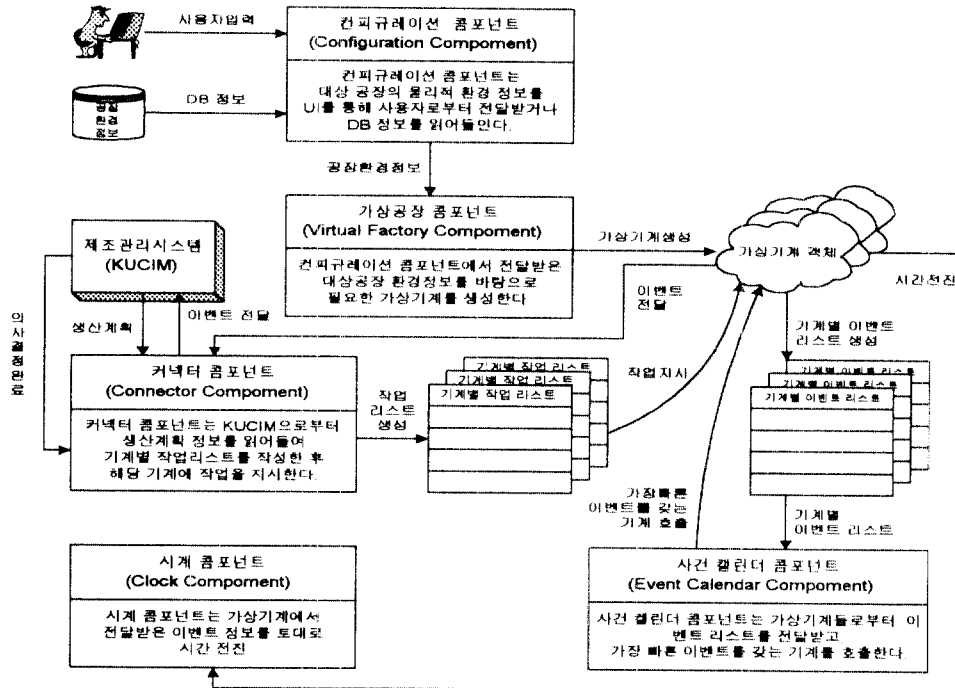


그림 7. 시뮬레이터 진행 시나리오

### 3.2 시물레이터 컴포넌트

#### 3.2.1 컨피규레이션 컴포넌트

컨피규레이션 컴포넌트는 제조관리 시스템의 대상이 되는 공장의 물리적 환경을 데이터베이스를 통해 읽어 들이거나 사용자 인터페이스를 통하여 사용자로부터 입력받는 컴포넌트이다. 컨피규레이션 컴포넌트를 통해 시물레이터는 대상 공장의 물리적 환경 변화에 유연하게 대처할 수 있으며, 기계의 수, 부품별 가공시간, 생산율, 기계 고장율, 기계 수리를 등 시물레이션에 필요한 파라미터를 초기화할 수 있다. 컨피규레이션 컴포넌트를 통해 정의된 공장 상황정보는 가상공장 컴포넌트에 전달되어 가상공장의 특성을 구현할 수 있다.

#### 3.2.2 가상공장 컴포넌트

가상공장 컴포넌트는 컨피규레이션 컴포넌트로부터 대상 공장의 물리적 환경 정보를 전달받고, 이를 토대로 가상공장의 특성을 구현하여 필요한 사건을 생성한다. 가상공장 컴포넌트는 제조공장의 계층적 구조(공장-Shop-Cell-기계)를 묘사하고 대상공장의 물리적 변화(기계 수의 변화, 새로운 작업장의 신설 등)에 쉽게 대처할 수 있도록 콤포지트(composite) 패턴을 이용하여 표현되어진다.[5] 가상 공장 컴포넌트 객체의 클래스 다이어그램은 <그림 8>과 같은 형태로 표현되어진다.

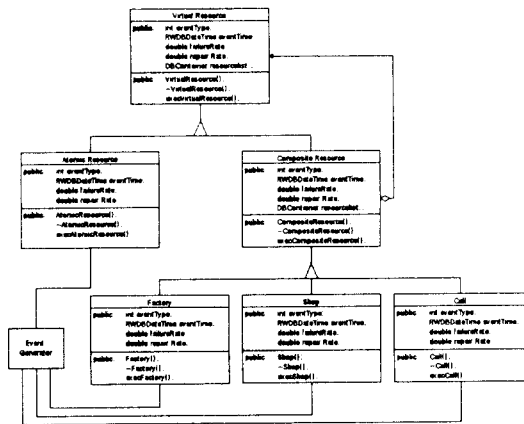


그림 8. 가상공장 컴포넌트 클래스 다이어그램

가상기계는 임의의 작업에 대한 사건을 생성하고 이를 리스트 형태로 사건 캘린더에 전달함으로써 시물레이션이 진행될 수 있도록 한다.

#### 3.2.3 사건 캘린더(event calendar) 컴포넌트

사건 캘린더 컴포넌트는 시물레이션이 진행되는 동안 여러 개의 가상기계에서 발생하는 사건들의 선후관계를 비교하여 가장 빠른 사건 시간으로의 시간 전진을 수행할 수 있도록 해주는 역할을 수행한다. 즉, 사건 캘린더 컴포넌트는 이산 사건 시물레이션의 진행을 위해 여러 개의 가상 기계에서 생성된 사건을 전달받아 사건 리스트를 작성하고, 사건 리스트 중에서 가장 빠른 사건을 결정하는 기능을 수행한다. 가장 빠른 사건이 결정된 경우, 사건 캘린더 컴포넌트는 해당 사건이 발생될 가상기계에 사건발

생을 진행할 것을 알리고, 사건 리스트에서 해당 사건을 삭제한다.

#### 3.2.4 커넥터(connector) 컴포넌트

본 연구에서 제안하는 시물레이터는 제조관리 시스템의 성능을 검증·평가하는 방법으로 사용되기 때문에 시물레이션이 진행되는 동안 제조관리 시스템과 시물레이터 사이에는 빈번한 의사전달이 이루어져야 한다. 다시 말하면, 시물레이터에서 발생한 사건들은 제조관리 시스템의 현장관리를 위한 데이터로 사용되어야 하고, 제조관리 시스템에서 진행된 의사 결정은 시물레이터에 전달되어 시물레이션의 진행에 반영될 수 있어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 시물레이터와 제조 시스템 사이의 유기적인 연결을 위한 방법으로 커넥터 컴포넌트를 정의하였다. 커넥터 컴포넌트는 제조시스템으로부터 가상기계에 작업지시와 같은 의사결정 내용을 전달하고, 시물레이터로부터 제조관리 시스템에는 시물레이션이 진행되는 동안 발생하는 사건을 전달하는 기능을 갖는다. 특히 제조관리 시스템과 시물레이터는 공통 데이터베이스를 이용한 자료의 공유 및 전달을 수행하기 때문에 데이터베이스를 공동으로 접근할 수 있도록 공통 데이터 인터페이스 객체[1]를 이용한 시스템이 구축되어야 한다.

#### 3.2.5 시계(clock) 컴포넌트

본 연구에서 제안하는 시물레이터는 제조관리 시스템과 시물레이터가 상호 유기적으로 연계되어 진행되는 시스템이므로 시물레이션이 진행되는 가상시간(virtual time)과 제조관리 시스템에서 의사 결정이 이루어지는 실제시간(real-world time)이 공존하는 혼합(hybrid) 시물레이션이다. 만일 제조관리 시스템에서 의사결정이 진행되는 동안의 시간전진이 실제계 시간이 아닌 가상시간으로 전진되는 경우, 의사결정이 이루어지는 짧은 시간에도 가상시간은 몇 시간, 몇 일에 해당하는 시간이 진행되는 오류는 범할 수 있다.

따라서 본 연구에서 제안하는 시계 컴포넌트는 혼합 시물레이션에서의 시간전진을 관리하는 역할을 수행하는데, 제조관리 시스템에서 의사결정이 진행되거나 시물레이터에서 데이터베이스를 접근하는 경우 시계의 시간 전진은 실제계 시간으로 진행되고 시물레이션이 진행되는 동안의 시간전진은 가상시간으로 진행되도록 함으로써 혼합 시물레이션에서의 시간 동기화(time synchronization)를

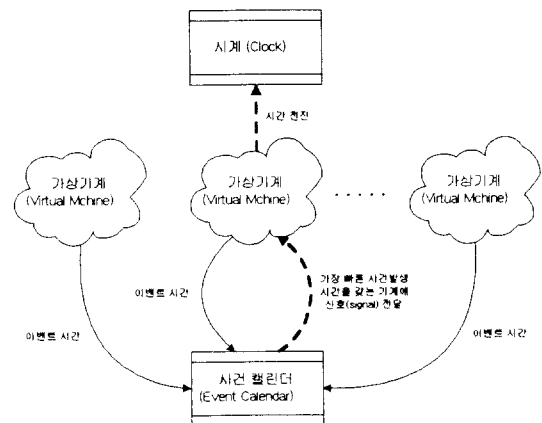


그림 9. 시간 전진 메커니즘 개략도

이룰 수 있다.

시뮬레이터의 시간전진은 가상기계, 사건 캘린더 콤포넌트, 시계 콤포넌트의 연계를 통해 이루어지는데 개략적인 시간전진 메커니즘은 <그림 9>와 같이 설명될 수 있다.

#### 4. 시뮬레이터 적용 사례

본 연구에서 개발된 시뮬레이터는 자동차 부품 중 트랜스미션(transmission)을 생산하는 P공장을 대상으로 개발된 제조관리 시스템(KUCIM)의 성능을 평가하는 시스템으로 P공장의 특성을 가상 공장으로 구현한 것이다. 대상 공장은 흐름 생산 방식으로 주 라인과 5 개의 보조라인으로 구성되어 있다. 또한 대상공장은 높은 자동화 비율로 인해 한 명의 작업자가 4~6대의 기계를 담당하여 작업을 처리하는 U-라인 작업장의 형태를 띠고 있다. 위와 같은 특성을 갖는 공장을 대상으로 개발된 제조관리 시스템(KUCIM)은 본 연구에서 개발한 객체지향 시뮬레이터를 이용하여 발생될 문제점을 사전에 밝혀낼 수 있으며 이에 따라 개발된 제조관리 시스템의 신뢰성을 높일 수 있다.

본 연구에서 제시한 시뮬레이터를 통해 제조관리 시스템의 성능을 평가할 수 있는 내용은 다음과 같다.

- 제조관리 시스템에서 수립한 생산계획의 타당성 검증
- 기계고장에 의한 재계획 수립의 효율성 검증
- 작업지연에 대한 제조관리 시스템의 의사결정효율성을 검증
- 제조관리 시스템에서 적용한 알고리즘의 평가

#### 5. 결 론

본 연구는 객체지향 제조관리 시스템의 성능을 평가·검증하기 위한 방법으로 객체지향 시뮬레이터를 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 시뮬레이터는 가상시간과 실제계시간이 공존하는 혼합시뮬레이션이며 제조관리 시스템과의 유기적인 연결관계를 갖는 통합 시뮬레이션 환경으로 구축되어 있다. 본 연구에서 제시하는 시뮬레이터는 가상공장의 특성을 구현한 가상공장(virtual factory) 콤포넌트, 제조관리 시스템과의 인터페이스를 담당하는 커넥터(connector) 콤포넌트, 제조시스템의 구성환경을 모델링하는 컨피규레이션(configuration) 콤포넌트, 시뮬레이션의 시간전진을 담당하는 시계(clock) 콤포넌트, 가상기계의 사건들은 관리하는 사건 캘린더(event calendar) 등으로 이루어진 시스템이며, 제조관리 시스템과의 공통 데이터베이스 사용을 위한 방법으로 공통 데이터 인터페이스를 사용하여 구축되었다.

객체지향 방법론을 이용한 시뮬레이터의 개발은 대상 공장의 계층 구조를 정확히 묘사할 수 있으며, 대상 공장의 물리적 환경변화에 대처할 수 있는 시스템 개발이 가능하게 되었다.

추후 연구로는 가상기계를 중심으로 진행되는 시뮬레이션은 진행시간이 상당히 길어질 수 있기 때문에 시뮬레이션의 진행시간을 단축할 수 있는 방안으로 공장의 계층 구조에서 상위 계층과 하위 계층이 혼합된 형태로 시뮬레이션을 진행함으로써 진행시간을 단축할 수 있도록 연구를 확장해야 한다.

#### 참고문헌

- [1] 권일명, 김창욱, 전진, 김성식, "데이터 객체의 일반화를 통한 공통 데이터 인터페이스의 구현", 대한산업공학회/한국경영과학회 '98 추계학술발표 논문집, 1998
- [2] 전진, 백준길, 김창욱, 김성식, "KU-CIM Project 에서의 객체지향 설계", 한국경영과학회/대한산업공학회 '97추계학술대회 발표논문집, pp 565 ~568
- [3] Booch, G., Jacobson, I., and Rumbaugh, J., UML Distilled Applying the Standard Object Modeling Language, Addison Wesley, 1997
- [4] Eriksson, H. E and Penker, M., UML Toolkit, John Wiley and Sons Ltd, 1997
- [5] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., and Vlissides, J., Design Patterns : Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison Wesley, 1995
- [6] Ganjanana, N. and John E. B., "Intelligent Manufacturing-Simulation Agents Tool (IM SAT)", ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, Vol. 3, No. 1, pp 42~65, 1993
- [7] Kuehn, W., "OBJECT ORIENTED APPROACH FOR THE INTEGRATED MODELLING OF MANUFACTURING SYSTEM", New Directions in Simulation for Manufacturing and Communications, pp 161~166, 1994
- [8] Lawrence, P., WORKFLOW HANDBOOK 1997, John Wiley and Sons Ltd, 1997
- [9] Nakano, M., Sugiura, N., Tanaka, M., and Kuno, T., "ROPSII: Manufacturing System Simulator with Object-Oriented Simulation Language", New Directions in Simulation for Manufacturing and Communications, pp 493~ 498, 1994