

☒ 응용논문

검사시스템 설계를 위한 컴퓨터 그래픽에 근거한 대화형 의사결정 지원시스템의 개발⁺

신완선 · 조원양

성균관대학교 산업공학과

Development of an Interactive Graphic-Aided Decision Support System for Designing Inspection Plans

Wan Seon Shin · Won Yang Cho

Dept. of Industrial Engineering, SungKyunKwan University

Abstract

The primary objective of this paper is to develop an interactive computer graphic aided decision support system for the design of inspection plans for complex production systems. This research first develops a computer simulator, called Simulator for Inspection Systems(SIS), in order to represent the production system as a network model. The simulator elicits fundamental information about the system from the decision maker(DM) in an interactive manner. A decision support system is then proposed by combining SIS and Compromise Programming. The system simulates a set of possible inspection strategies implicitly, observes all the important measurements about the inspection system, and employs the compromise programming approach to help the DM determine the best compromising allocation of inspection effort considering his/her preferences. Finally, the performance of the proposed system is evaluated using two test cases. The pros and cons of the system are also discussed.

1. 서론

제품의 품질이 더욱 중요해지고 생산시스템이 자동화 되어감에 따라서 제품의 효율적인 전수검사에 대한 연구가 필요하게 되었다. 모든 공정에서 전수검사를 한다는 것은 검사기기의 가격도 비쌀 뿐 아니라 빠른 생산시스템이 요구되는 상황에서는 불가능하다. 또한 제품은 어느 정도 생산이 진척된 후에 검사하는 것이 더욱 효과적인 경우가 많아서 각 부품의 개별 검사만으로는 완제품의 품질을 보장할 수는 없는 것이다. 따라서, 체계적인 검사시스템의 구축은 생산시스템이 방만해질수록 필수적으로 요구된다.

체계적인 검사시스템을 설계할 대상 생산시스템이 여러 개의 작업공정으로 이루어져 있을 때는 공정간의 상호 연관성을 충분히 고려해서 결정해야 한다. 기존문헌에서 많은 연구자들이 생산시스템이 복잡할수록 검사시스템의 설계가 체계적으로 선정되어야 함을 강조해왔다. 그러나, 대부분의 연구가 간단한 생산체계나 비현실적인 가정 하에서 이루어져서 실제 생산현장에는 적용되지 못하였다. 또한, 최근 생산현장에서의 컴퓨터 활용도가 높아짐에 따라서 여러 가지 목적을 동시에 고려하는 검사시스템 구축을 위한 의사결정 지원시스템의 필요성도 대두되어 왔다. 검사시스템의 구축에 있어서 고려되어야 할 다목적 요소들로는 비용, 품질, 생산량(throughput), 그리고 무형 요소(intangible factor)들 등을 꼽을 수 있다. 이러한 요소들을 종합적으로 고려하지 못하고 단순히 비용 측면만 강조한다면 실제 응용에는 부적합할 수밖에 없다.

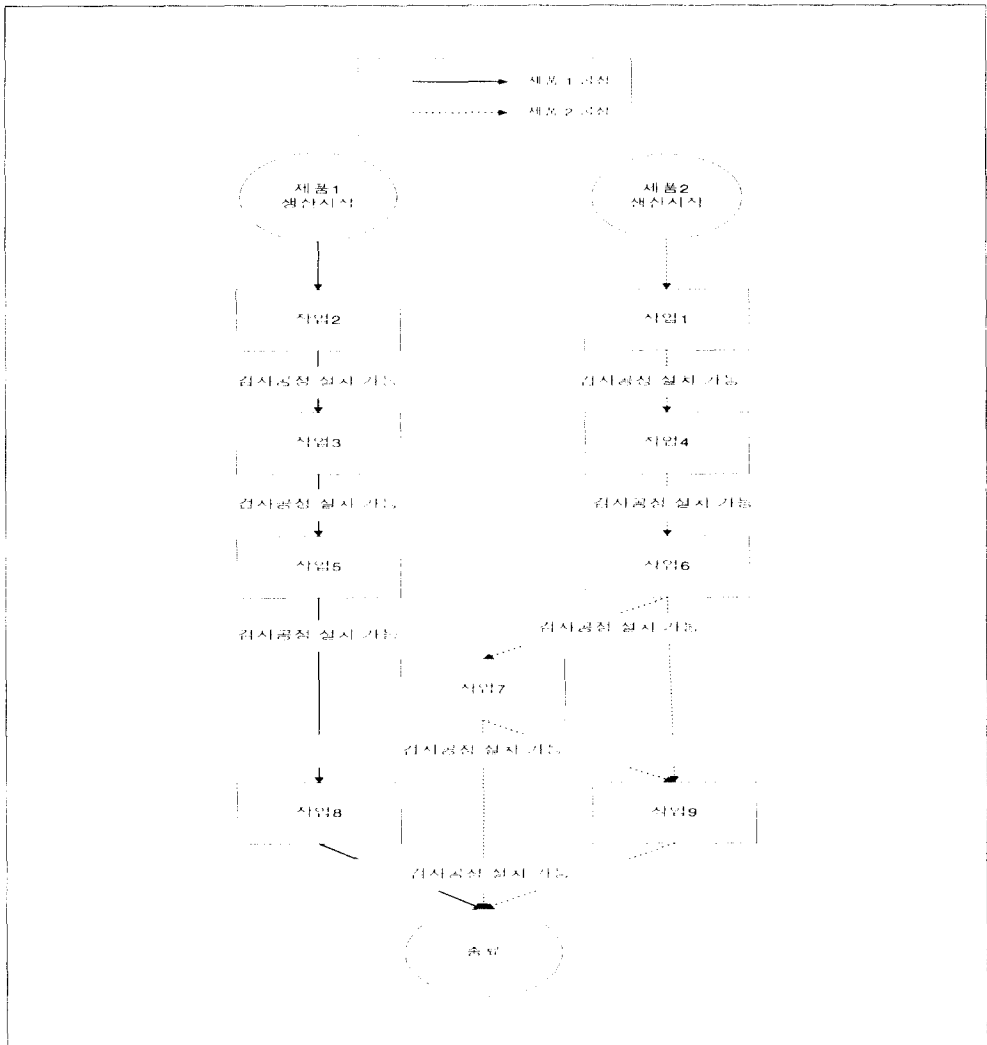
본 논문의 목적은 생산공정에 검사시스템 구축을 뒷받침해 줄 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션에 근거한 지원시스템을 개발하는 것이다. 효율적인 검사정책 구축을 뒷받침하고 생산현장에서 손쉽게 사용될 수 있으며 의사결정자의 여러 가지 기준을 만족하는 검사시스템 결정을 지원하는 시스템을 개발한다. 본 연구에서는 우선, 기존의 시뮬레이션 프로그램이 갖고 있는 사용상의 어려움을 해결하여 손쉽게 현장에서도 사용 가능한 검사공정 전용 시뮬레이션 프로그램인 SIS(Simulator for Inspection Systems)를 개발한다. 그리고 시뮬레이션 결과를 토대로 다기준 의사결정방법인 Compromise Programming을 적용하여 의사결정자의 선호도에 근거한 최적 검사시스템 구축 방안을 결정할 수 있는 방법을 제시한다.

2. 연구 배경

2.1 검사공정 구축 문제

본 논문은 비직렬 다제품 조립 생산시스템에서 의사결정자의 여러 가지 목적을 만족시키기 위한 검사공정 구축 방법을 연구한다. 예를 들어, <그림 1>에 나타나 있는 생산시스템을 고려해보자. 그림에 나타난 생산시스템은 2가지 제품을 생산하며, 9개의 작업공정으로 구성되어 있고, 8개의 위치에 검사공정을 설치할 수 있다. 각각의 제품

은 '생산시작'부터 작업순서에 따라 일련의 작업공정에서 작업을 수행한다. '제품2'는 '작업 6' 작업공정에서 두 가지 경로를 따라 생산이 진행되며 '작업 7' 작업공정에서도 두 가지 경로를 따라 생산이 진행된다. 각 작업공정에서는 작업을 수행할 때마다 작업오류로 인한 불량률이 발생할 수 있다. <그림 1>과 같이 비직렬을 포함한 유연한 생산시스템에서 다제품을 생산하는 경우에 의사결정자가 제품생산에 관련된 여러 가지 목적을 만족시키기 위해서 몇 개의 검사공정을 어디에 놓을 것인지에 관한 문제가 발생한다. 본 논문은 이러한 문제를 의사결정자가 총생산량, 총불량수, 총비용 등과 같은 다기준을 동시에 고려하면서 최적의 설충해를 찾아갈 수 있도록 지원하는 시스템을 제시한다.



< 그림 1 > 비직렬 다제품 생산시스템

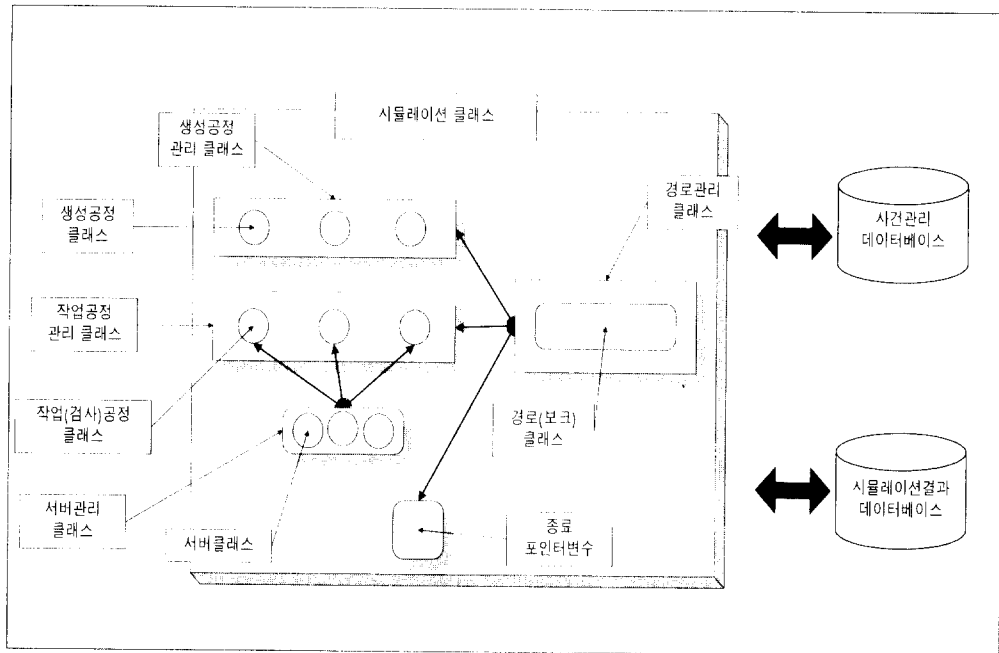
2.2 문헌조사

검사공정 배치 문제는 지속적으로 연구되고 있으며 그간 여러 연구자들이 직렬 및 비직렬 생산시스템에서 최적으로 검사공정을 구축하는 방법에 대해 다양한 연구결과를 발표했다. 검사오류가 없는 경우에 대해서는 Chakravarty and Shtub(1987), Lindsay and Bishop(1964), 그리고 White(1969) 등의 연구가 있으며 이들은 주로 최단경로 방법이나 동적계획법을 적용하여 해법으로 제시하였다. Eppen and Hurst(1974)는 앞선 연구들과는 다르게 불완전한 검사기능을 가진 다단계 생산과정에서의 검사 위치에 대한 연구를 하였으며 Ballou and Pazer(1982)는 n-단계 선형 생산시스템에서 최적 검사공정 위치를 결정하기 위한 모델을 개발하였다. 이들은 두 가지 형태의 검사오류가 검사공정의 개수와 위치에 상당한 영향을 줄뿐만 아니라 비용에도 상당한 영향을 준다는 것을 보여주었다. Yum and McDowell(1981)은 검사오류가 있는 비직렬 생산시스템에서 품질관리 검사의 위치를 결정하는 연구를 수행하였다. Shin et al.(1995)은 실제 사례에 근거해서 비용과 생산량을 동시에 고려한 직렬 생산시스템에서의 최적 검사공정 위치를 결정하기 위해 병목최단거리 알고리즘과 이산 사건(discrete event) 시뮬레이션을 결합한 조합형 방법(hybrid method)을 개발하였다. 시뮬레이션을 적용하게 되면 수리계획법이나 동적계획법을 적용하는 경우에 필요한 여러 가지 가정을 피할 수 있으므로 응용성이 증대될 수 있으며 시뮬레이션을 통해서 가상의 결과를 의사결정자가 사전에 분석할 수 있으므로 결과의 적용성도 크다. 본 논문은 시뮬레이션과 다기준 의사결정방법을 결합하여 비직렬 다제품 생산시스템에서 의사결정자가 여러 가지 목적을 만족시키는 최적 검사정책을 결정하는 의사결정지원 시스템을 구축한다는 점에서 기존의 연구와는 다른 의미를 갖는다.

3. 검사전용 시뮬레이션 프로그램 (SIS) 개발

SIS는 일반적인 생산시스템도 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램이지만, 특히 공정의 검사기능에 초점을 맞춘 프로그램이다. 본 논문에서 고려하고 있는 생산시스템은 기존의 시뮬레이션 프로그램을 이용해서 시뮬레이션 할 수도 있지만, 의사결정 단계에서 기존의 프로그램들은 호환성이 떨어지는 단점이 있어서 유연한 지원시스템으로의 전환이 까다롭다. 따라서, 여기에서는 검사시스템이라는 특수 목적에 적합하게 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface)와 대화형 인터페이스(Dialog Interface)형식을 이용하여 검사공정 전용 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 사용하기가 쉽고 시뮬레이션 결과를 유연하게 분석할 수 있도록 하였다.

SIS를 개발하기 위해 본 연구에서는 객체지향프로그래밍(Objective Oriented Programming : OOP)개념을 부분적으로 이용하였다. 객체지향프로그래밍에서 핵심은 클래스의 구성인데, SIS는 <그림 2>와 같은 클래스로 구성되어 있다.



< 그림 2 > SIS의 클래스 구성도

우선, 시뮬레이션의 전반적인 수행을 관리하는 전체 시뮬레이션 클래스가 있다. 전체 시뮬레이션 클래스 내부에는 기본생산요소와 관련된 여러 가지 클래스와 시뮬레이션의 일반적인 수행을 위한 멤버변수, 그리고 멤버함수가 존재한다. 기본생산요소는 생성공정 클래스, 작업/검사공정 클래스, 경로(process)/보크(balk)경로 클래스, 서버클래스로 구성되고 종료는 포인터(pointer)변수로 구성된다. 종로의 경우만 제외하고는 네트워크를 형성하는 기본생산요소들은 이들 클래스의 인스턴스(instance)로 구현된다. 즉, 새로운 공정의 생성은 생성공정 클래스의 인스턴스, 작업공정과 검사공정은 작업/검사공정클래스의 인스턴스, 경로와 보크경로는 경로/보크경로 클래스의 인스턴스, 그리고 서버는 서버 클래스의 인스턴스로 구현된다. 이들 기본생산요소를 나타내는 인스턴스들은 각각 이중연결리스트(doubly linked list)로 연결되어 있다.

기본생산요소들의 연결리스트를 관리하기 위해서는 지원 클래스들이 필요한데 이러한 클래스들을 관리클래스라고 한다. 관리클래스들은 기본생산요소의 추가 및 삭제 그리고 생산요소와 관련된 전반적인 작업을 수행한다. 생성공정관리 클래스는 생성공정의 연결리스트를 관리하고, 작업공정관리 클래스는 작업공정의 연결리스트와 검사공정의 연결리스트를 개별적으로 관리하며, 경로관리 클래스는 프로세스의 연결리스트와 보크경로의 연결리스트를 개별적으로 관리한다. 그리고 서버관리 클래스는 서버의 연결리스트를 관리한다.

각 기본생산요소를 나타내는 이들 클래스는 아이콘의 위치, 각 기본생산요소의 정보와 내부 시뮬레이션 운영을 위한 변수들을 멤버 변수로 갖는다. 또한, 정보 입력 및

수정과 같은 생산요소와 관련된 여러 가지 행위와 내부 시뮬레이션 운영에 관련된 행위에 대한 멤버 함수를 포함하고 있다.

SIS에서 이용한 시간 진행(time advance) 방법은 다음사건 진행(next-event time advance)방법을 이용하였으며 시뮬레이션의 실행과정에서 발생하는 사건은 데이터베이스 파일로 관리하며 다음사건 결정은 순차적인 검색방법을 적용시켰다. 사건을 저장하는 데이터베이스 파일은 MDB(마이크로소프트사의 액세스(Access) 데이터베이스 형식)형식을 이용하였으며, 필드(field)는 제품번호, 제품명, 제품생산이 시작되는 생성공정 이름, 작업/검사 공정이름, 서어버 이름, 이전의 사건 시간, 다음 사건 시간, 사건종류, 작업불량발생여부, 그리고 검사불량여부로 구성된다. 논문 전개의 간략성을 위해서 SIS에 대한 자세한 설명은 생략하며 자세한 것은 조원양(1996)으로 대신한다.

4. 검사시스템 구축을 위한 의사결정지원시스템의 개발

여기서는 개발된 SIS를 다기준 의사결정방법과 접목시켜 '검사정책 구축을 위한 의사결정지원 시스템'으로 확장한다. 선행 연구조사에서 살펴본 기존 연구들은 최적 검사 위치 선정의 문제를 대부분 수리계획법이나 동적계획법으로 모형화 함에 따른 구조적인 제한성을 가지고 있으나, 본 연구에서 개발한 검사정책 구축을 위한 의사결정지원시스템은 최적 검사정책 선정 과정에 시뮬레이션과 다기준 의사결정기법을 적용함으로써 현장 관리자로 하여금 개선의 결과를 예측하고 탐색하게 하여 연구결과의 응용성과 보편성을 증대하는데 초점을 두고 있다.

본 연구에서 제시한 시스템은 크게 3가지, 즉, 네트워크 구현 모듈, 시뮬레이션 수행모듈, 그리고 다기준 의사결정 적용 모듈로 구성되어 있다. 각 모듈에 대해서는 아래에 간단히 정리하였다.

네트워크 구현 모듈

네트워크 구현 모듈은 사용자로 하여금 고려 대상인 생산시스템을 네트워크로 구현하고 수정할 수 있도록 지원해주는 기능을 가지고 있으며 각 공정의 정보를 입력 및 수정할 수 있다. 간단한 마우스 조작과 아이콘으로 네트워크 구현 및 정보의 입력과 수정이 가능하도록 하였다. 각각의 작업요소를 상징하는 아이콘은 사용자가 임의의 형태로 변경이 가능하며 생산하는 제품별로 공정경로를 확인할 수 있다. 이렇게 구현된 네트워크 모형은 파일로 저장이 가능하고 프린터 출력도 가능하여 언제든지 다시 이용할 수 있다. 이와 같이 생산시스템을 네트워크 형태로 구현함에 있어서 그래픽 사용자 인터페이스를 사용하였기 때문에 전체 생산라인을 쉽게 확인할 수 있으며 메뉴방식으로 인한 입력의 번거로움을 탈피하였다.

시뮬레이션 수행 모듈

검사공정 시뮬레이터 SIS를 활용하여 의사결정자가 원하는 위치에 검사공정을 설치

하거나 아니면 중복되지 않도록 하여 임의 개수만큼의 검사공정 설치를 고려한다. 검사공정의 개수와 위치에 관해서 몇 가지의 대안을 설정한 후, 각각의 대안을 시뮬레이션을 실시하여 검사시스템을 구축하고자 하는 생산시스템에 대한 수치적인 결과를 예측할 수 있다. 시뮬레이션 수행 후, 산출된 결과는 파일로 저장 가능하며 다기준 의사결정 방법 적용 모듈에서 사용된다.

다기준 의사결정 방법 적용 모듈

본 연구에서는 다기준 의사결정 방법으로서 멤버십 함수를 이용한 Compromise Programming을 적용하였다. 이 방법은 우선 의사결정자가 각 기준(혹은 속성)에 대해서 이상적으로 생각하는 목표치를 근거로 '이상점(ideal point)'을 설정하는데 각 기준의 최적값을 근거로 이상점을 정할 수도 있다. 그리고 고려하는 대안과 이상점과의 거리를 멤버십 함수를 적용하여 측정하는데 멤버십 함수의 선형도 의사결정자의 선호도에 달려있다. 각 기준에 대한 가중치가 있으면 가중치를 이용하여 '통합거리'를 계산하여 대안간의 선호도를 구분시키지만 의사결정자와 대화형(interaction) 형태를 유지하여 쌍대비교를 통해서 의사결정자의 선호도를 직접 반영시킬 수도 있다. 이 방법은 일반적으로 널리 알려진 목표계획법(Goal Programming)과 유사점이 있지만 목표 선정이 항상 이상적인 값이라는 점과 이상점과의 거리 측정이 멤버십 함수에 근거한다는 점등에서 차이가 있다. 목표계획법이 비교적 다목적적 수리계획법에 많이 활용되는 반면, Compromise Programming은 다기준에 근거한 이산형 대안선정 문제에 주로 응용된다. [Zeleny, 1982]

본 연구는 의사결정자로부터 각 속성에 대해서 선호도와 목표수준치를 입력받아서 고려 대상 대안들 중에서 최적 절충해를 구한다. 목표수준치는 대안들 중에서 속성별 최적의 값을 디폴트 값으로 설정하였으며 멤버십 함수의 선정은 의사결정자에게서 입력을 받는다. 이러한 의사결정자의 선호 형태는 컴퓨터와의 대화를 통해서 의사결정과정 중에도 수시로 조정될 수 있도록 하며, 주어진 선호 형태에 대해서 대안들을 평가한 후 선호하는 순서대로 정렬하여 의사결정자로 하여금 원하는 대안을 선정하도록 유도한다.

검사시스템 의사결정지원 시스템을 단계별로 요약해서 설명하면 다음과 같다. 각 단계에 대해서 시스템의 상황을 예시하기 위해서 부록에 관련된 화면 및 구성도를 그림으로 제시하였다.

- 1단계 : 시뮬레이션 프로그램 상에서 실제의 생산시스템이나 고려중인 생산시스템을 네트워크로 구현한다. (예시 화면: <그림 4>)
- 2단계 : 생산시스템의 정보를 입력한다. (예시 화면: 부록 <그림 6>)
- 3단계 : 대안의 수를 의사결정자가 임의로 정한다. 여기서, 대안의 수는 의사결정자가 고려중인 검사시스템의 개수일 수도 있고, 아니면 무작위로 지정한 개수일 수도 있다.
- 4단계 : 3단계에서 의사결정자가 고려중인 검사시스템을 시뮬레이션 한다. 만약 대

안의 개수가 무작위로 정한 것이라면, 의사결정지원 시스템에서 그 대안의 개수만큼 검사공정의 개수와 위치를 랜덤하게 산출하여 검사시스템 대안을 구성한다. 그리고 나서, 각 대안별로 시뮬레이션을 수행한다. (예시 화면: 부록 <그림 7>; SIS 구성도: 부록 <그림 8>)

5단계 : Compromise Programming을 적용한다. 여기서는 속성별로 의사결정자가 선호도를 표시할 수 있으며 속성별 목표수준의 디폴트 값도 의사결정자가 임의로 수정할 수 있다. Compromise Programming을 적용하여 최적 검사 공정 정책 대안을 순차적으로 제시한다. (예시 화면: 부록 <그림 9>)

6단계 : 5단계에서 제시된 대안에 대해서 의사결정자가 만족하면 그 대안을 최종적인 최적 대안으로 결정하고 의사결정 과정을 멈춘다. 만약, 의사결정자가 만족하지 못하는 경우에는 현 단계까지의 '반복별 최적대안'과 새로운 추가 대안들을 고려해서 3단계부터 다시 반복하여 수행한다.

5. 시스템 적용성 시험 및 장단점 분석

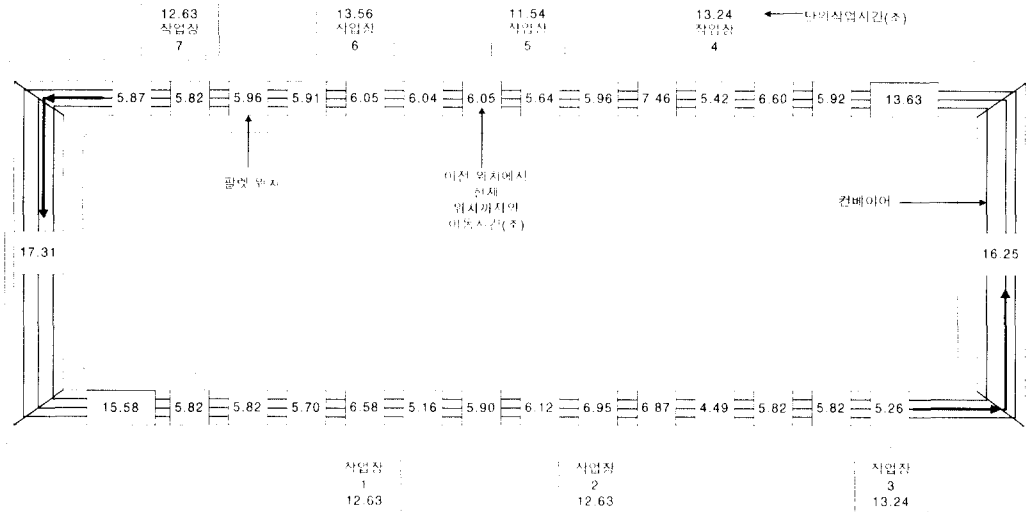
본 연구에서 개발한 의사결정지원 시스템의 적용성을 분석하기 위해서 직렬 단일제품 생산시스템과 비직렬 다제품 생산시스템을 대상으로 수치실험을 실시한다. 우선 대상 생산시스템을 구성한 후 시뮬레이션 프로그램 상에서 네트워크 형태로 구현한다. 그리고 생산시스템에 대한 여러 가지 정보를 입력한 후, 시뮬레이션을 반복 수행하고 다기준 의사결정 기법을 이용하여 의사결정자의 선호도에 따른 최적검사정책을 선정하는 방법을 제시한다.

5.1 직렬 단일제품 생산시스템

여기서 고려한 직렬 단일제품 생산시스템은 사례연구에 의해서 Shin et al.(1995)에 소개되어 있는 것으로서 자동차 안전벨트를 생산하는 생산시스템이다. 생산시스템은 7개의 작업공정과 컨베이어로 구성되어 있으며, 제품은 컨베이어 위의 팔렛(pallet)에 의해 각 작업대 사이를 이동하게 된다. 팔렛은 작업대 앞에 도착하여 작업이 끝날 때까지 대기하며, 다음 이동위치에 팔렛이 없을 경우에만 팔렛이 이동한다. 만약, 다음 이동위치에 있는 팔렛이 작업 또는 대기중이면 팔렛은 현재 위치에서 대기한다. 생산시스템은 <그림 3>과 같다. 팔렛에 표시된 시간은 이전 팔렛에서 현재 팔렛까지 이동하는데 걸리는 시간이며 각 작업대에 나타난 시간은 평균 작업 수행시간으로 지수분포의 평균값이다. 이 생산시스템에 대한 설명과 입력 값들은 Shin et al.(1995)에 소개되어 있다.

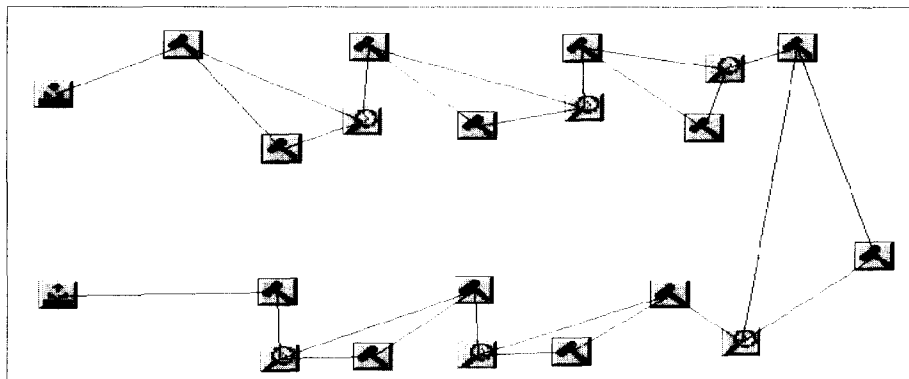
검사시스템 의사결정 지원시스템을 적용하기 위해서 Shin et al.(1995)에 소개되어 있지 않은 입력변수는 임의로 가정을 하였다. 예를 들어서, 각 작업대의 서어버는 한 명이며 대기용량은 없다고 가정하였고 각 서어버의 작업오류는 0.022로 설정하였다.

또한, 컨베이어 위에서 팔렛에 의한 제품의 이동은 단순히 각 작업대 사이의 이동이므로 일정한 시간간격을 가지고 이동된다고 가정하였다.



< 그림 3 > 직렬 단일제품 생산시스템

<그림 4>는 고려대상인 생산시스템을 SIS를 이용해서 네트워크 형태로 구현한 것이며 작업대 1, 2, 3, 4, 6, 7에 검사공정과 재작업공정을 배치한 상황을 나타내고 있다.



< 그림 4 > 네트워크 구현 화면

이 문제에서 검사공정 설치가 가능한 총 경우의 수는 $2^7 = 128$ 가지이다. 이들 중에서 랜덤하게 10가지 경우를 뽑아 시뮬레이션 시간 1시간(3600초)으로 4번씩 시뮬레이션을 수행하여 3가지 속성, 즉, 총생산량, 총비용, 그리고 총불량수 각각에 대해서

평균을 구했다. 본 수치예제에서는 편의상 Compromise Programming의 적용시 거리모수가 1인 경우(좌표거리간의 절대거리를 단순 합산)를 고려하고 의사결정자의 선호도를 임의로 3:6:1(평균총생산량: 평균총불량수: 평균총비용)과 6:3:1(평균총생산량: 평균총불량수: 평균총비용)로 가정한다. <표 1>은 이상대안과의 거리를 계산하여 가까운 순서대로 대안을 정렬한 결과이다.

< 표 1 > 직렬시스템 경우에 지원시스템 적용 결과

선호도 3:6:1		선호도 6:3:1	
검사공정 설치 (k)	$L_1(\lambda, k)$	검사공정 배치 (k)	$L_1(\lambda, k)$
1, 4, 7	0.626240	1, 4, 7	0.362325
1, 3	0.648562	1, 3	0.372618
1, 2, 3, 5, 6	0.658061	1, 2, 3, 5, 6	0.375776
2, 4, 5	0.661792	1, 2, 3, 6	0.379507
1, 3, 4, 5	0.662871	1, 2, 3, 4, 6	0.380370
1, 2, 3, 6	0.663233	1, 3, 4, 5	0.380560
1, 2, 3, 4, 6	0.663388	2, 4, 5	0.380896
3, 5	0.668467	3, 5	0.382618
2	0.670442	2	0.383178
2, 7	0.671620	1, 2, 4, 6	0.383396

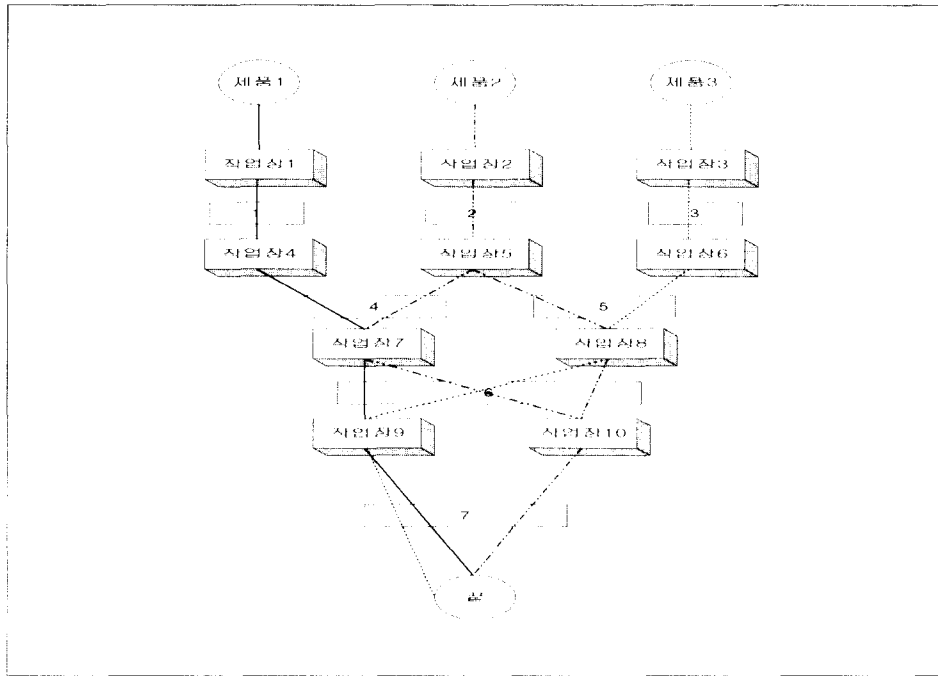
이 결과에서 최적검사정책으로 추천되는 대안은 3:6:1인 경우와 6:3:1 경우 모두 (1, 4, 7) 위치에 검사공정을 설치하는 것인데 이러한 결과에 의사결정자가 만족하지 못하면 비교해보고 싶은 대안을 추가로 비교하거나 아니면 다시 새로운 임의 수만큼 무작위로 대안을 도출시켜 추가로 고려하는 것이 가능하다. 의사결정 반복과정이 비교적 단순하므로, 여기서는 의사결정자가 추천된 대안을 최적검사정책으로 받아들인다고 가정하고 추가적인 탐색은 실시하지 않는다.

5.2 비직렬 다제품 생산시스템

비직렬 다제품 생산시스템에 대한 지원시스템의 수행 상태를 시험하기 위해서 3가지 종류의 제품을 생산하는 시스템을 고려한다. 이 생산시스템은 전체 작업공정이 10개로 구성되어 있으며 <그림 5>와 같이 각각의 제품은 서로 다른 생산순서에 따라 생산되고 있다. 검사공정은 그림에 예시되어 있듯이 7 곳에 설치가 가능하다고 가정하자. 시스템에 대한 자세한 가정과 입력 정보는 조원양(1996)에 소개되어 있으며 여기서는 생략한다.

이 경우도 직렬 시스템과 마찬가지로 검사공정 설치가 가능한 경우의 수는 $2^7 = 128$ 가지이며 지원시스템에 의해서 의사결정자가 원하는 방식대로 가능 대안들을 평가해 나갈 수 있다. 직렬시스템과 비슷한 상황을 가정하고 검사시스템 의사결정 지원시스템을 적용한 결과, <표 2>에 나타난 것과 같이 10 가지의 검사공정 설치에 대한

대안과 이상대안과의 거리가 나타났다. 이 결과에서 최적 검사정책으로 추천되는 대안은 3:6:1인 경우에는 (7)번 위치에만 검사공정을 설치하는 대안이고 6:3:1인 경우에는 (1, 2, 3, 5, 7)번 위치에 검사공정을 설치하는 대안이다. 물론, 의사결정자의 선호도에 따라서 이러한 과정이 반복 수행될 수 있으며 의사결정자의 선호도 또한 컴퓨터와의 대화 과정에서 자유롭게 반영될 수 있다.



< 그림 5 > 비직렬 다제품 생산시스템 모형

< 표 2 > 다기준의사결정 모듈 적용 결과

선호도 3:6:1		선호도 6:3:1	
검사공정 설치 (k)	$L_1(\lambda, k)$	검사공정 설치 (k)	$L_1(\lambda, k)$
7	0.071522	1, 2, 3, 5, 7	0.100272
1, 2, 3, 7	0.076409	1, 2, 4, 6, 7	0.100975
1, 2, 3, 5, 7	0.079779	1, 2, 3, 7	0.101269
1, 2, 4, 6, 7	0.082162	1, 2, 4, 5, 7	0.110994
1, 2, 4, 5, 7	0.086134	7	0.111836
1, 2, 5, 6, 7	0.106201	1, 2, 3, 5, 6, 7	0.147637
1, 2, 3, 5, 6, 7	0.106988	1, 2, 5, 6, 7	0.148194
2, 4, 5, 6, 7	0.107332	2, 4, 5, 6, 7	0.149661
1, 2, 3, 4, 5, 7	0.112113	1, 2, 3, 4, 5, 7	0.156457
3, 4, 5, 6, 7	0.117710	1, 2, 3, 6, 7	0.168740

5.3 시스템 장단점 분석

본 연구에서는 다제품 비직렬 생산시스템의 최적 검사정책을 결정하기 위해 ‘검사 정책 구축을 위한 컴퓨터 시스템’을 개발하여 시뮬레이션과 다기준의사결정 기법을 결합하는 방법을 제시하였다. 또한, 직렬 생산시스템과 비직렬 생산시스템 모델을 대상으로 개발된 의사결정 지원시스템을 실험해 보았다. 제시된 방법은 수리계획법과 같은 기존의 방법과는 접근방식이 완전히 다르기 때문에 기존방법과의 직접적인 비교 분석은 가능하지 않다. 여기서 고려한 문제유형이 실질적인 문제로서 기대치에 근거한 기존의 수리적인 모델로 표시가 어려울 뿐만 아니라 의사결정자의 선호도를 고려하고 있기 때문이다. 다기준을 고려하는 상황도 기존의 연구와는 달라서 자세한 적용성 및 타당성 실험은 어려운 상황이다. 따라서, 상대적인 평가가 어려우므로 개발된 시스템을 시험하는 과정에서 도출된 장단점을 상세히 파악하는 것이 중요하다. 본 연구가 제시하는 지원시스템이 수치실험 과정에서 도출된 장점은 다음과 같다.

1. 의사결정자는 전체적인 제품검사 노력을 컴퓨터 화면을 통해서 직접 관리할 수 있다.
2. 작업 공정간의 상호 연관성이 검사시스템 결정에 고려될 수 있다.
3. 다목적이 의사결정 과정에서 동시에 고려된다.
4. 검사시스템 설정을 의사결정자가 직접 컴퓨터와의 대화에 의해서 결정하므로 적용결과 도출된 최종 대안을 현장에 적극 응용할 가능성이 높다.
5. 현재 운용되고있는 검사시스템의 적합성과 효율성을 평가할 수 있다.
6. 검사시스템에 대한 여러 가지 민감도 분석을 실시할 수 있다.
7. 검사시스템 적용에 대한 초기 파라미터의 값들을 개선할 수 있으므로 피이드백 시스템의 구현이 가능하다.

반면에 제시된 지원시스템의 약점이나 추후 보강되어야 할 과제는 다음과 같은 것들이 있다.

1. 규모가 큰 문제의 경우에는 시뮬레이션 시간이 오래 걸리기 때문에 의사결정자가 동시에 고려할 수 있는 대안이 제한적이다. 참고로, IBM 호환기종 Pentium 586 - 100 MHz을 이용한 본 연구의 수치실험에서는 시뮬레이션 시간 3600 초를 4회 반복하여 1개의 검사시스템을 평가하는데 (검사공정 수와 설치 장소에 따라서 유동적이지만) 직렬시스템은 약 1분 정도 그리고 비직렬 시스템은 1분 20초 정도 소요되었다.
2. 더욱 자유스럽게 의사결정자의 선호도를 반영할 수 있는 다기준 의사결정방법의 접목이 필요하다.
3. 생산시스템과 관련된 가정을 더욱 줄이기 위해 다양한 기능이 확충된 SIS의 보강이 필요하다. 특히, 검사 방법의 경우 현 시스템에서는 단 한가지만 고려하였는데, 많은 검사방법을 적용할 수 있어야 하겠고 불량률의 종류도 다양하게 설정할 수 있어야 하겠다.
4. 애니메이션(animation)기능도 추가하여 실제로 제품이 흘러가는 과정을 손쉽게

확인할 수 있어야 하겠다.

본 논문이 제시한 의사결정 지원시스템에 대한 근본적인 접근방식 측면에서, 최적화에 관심이 많은 독자들은 시뮬레이션 최적화를 직접 접목시키는 방안에 대해서도 궁금해 할 수도 있을 것이다. 그러나, 다목적식 시뮬레이션 최적화의 연구가 아직 제한적이다. Boyle and Shin(1996) 뿐만 아니라, 본 연구가 고려한 문제가 이산형 문제이고 의사결정자를 직접 관여시키는 대화형을 이용하고 있어서 기존 연구결과의 적용이 불가능하므로 여기서는 단순히 '단계적인 랜덤 탐색(Random Search)' 개념을 적용하였다. 이러한 측면에서 본 연구가 제시한 의사결정 과정이 탐색적 접근방식(Heuristic Approach)의 성격을 갖고 있음을 지적해 둔다. 다만, 이러한 특성은 (Boyle and Shin(1996)에 언급되어 있듯이 시뮬레이션 최적화 문제가 갖고 있는 속성이기도 하다.

6. 결론

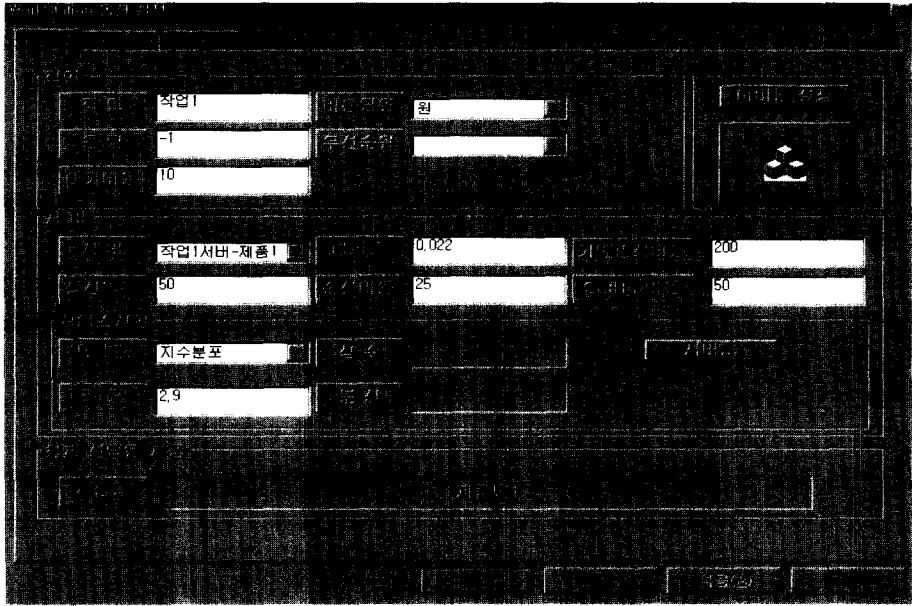
본 연구에서는 다제품 비직렬 생산시스템의 최적 검사 전략을 결정하기 위해 '검사정책 구축을 위한 컴퓨터 시스템'을 개발하여 시뮬레이션과 다기준의사결정 기법을 결합하는 방법을 제시하였다. 또한 비직렬 생산시스템과 직렬 생산시스템에 적용하고 분석한 결과, 시뮬레이션과 다기준 의사결정 방법을 혼합해서 만든 의사결정 지원시스템이 검사정책 구축에 유연성 있는 방법이 될 수 있음을 부분적으로 확인할 수 있었다. 생산시스템이 복잡하여 수리적인 표현이 불가능한 경우, 본 연구의 결과가 현장 문제 해결에 쉽게 적용될 수 있으며, 새로운 검사시스템의 도입이나 기존 검사시스템의 평가 및 개선에도 기여할 수 있다고 판단된다. 그러나, 개발된 지원시스템의 최종 검증은 실질적인 문제에 적용시켜야만 알 수 있으므로 추후과제로 남게 된다.

참고문헌

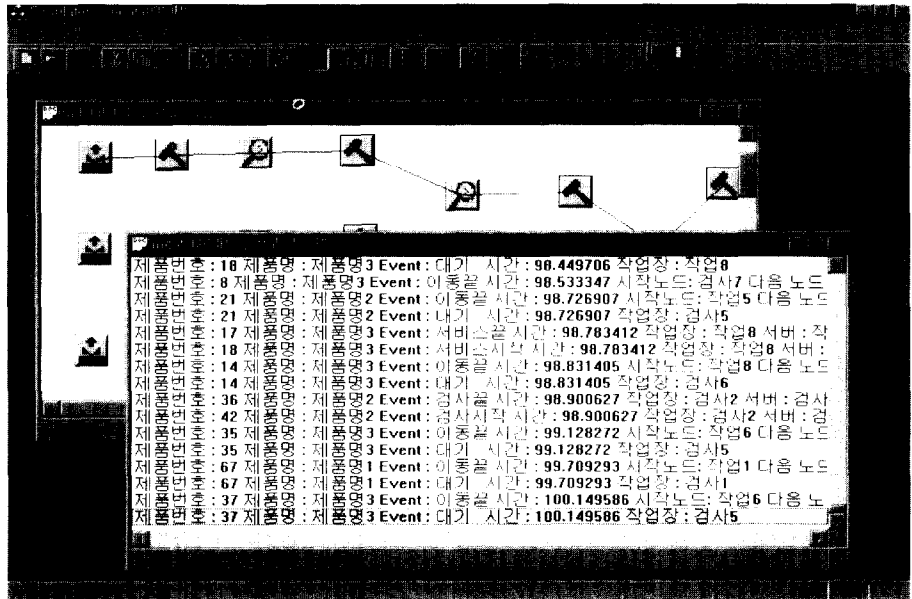
- [1] Ballou, D.P. and H.L. Pazer(1982), "The Impact of Inspector Fallibility on the Inspection Policy in Serial Production System," *Management Science*, Vol. 28, No. 4, pp. 387-399.
- [2] Boyle, C. and Wan S. Shin(1996), "An Interactive Multiple-Response Simulation Optimization Method," Vol. 28, pp. 453-462.
- [3] Chakravarty, A.K. and A. Shtub(1987), "Strategic Allocation of Inspection Effort in a Serial, Multi-Product Production System," *IIE Transactions*, Vol. 13, No. 21, pp. 13-21.

- [4] Eppen, G. and E. Hurst(1974), "Optimal Location of Inspection Stations in a Multistage Production Process," *Management Science*, Vol 20, No 8, pp. 1194-1200.
- [5] Lindsay, G. and A. Bishop(1964), "Allocation of Screening Inspection Effort: A Dynamic Programming Approach," *Management Science*, Vol. 10, No. 2, pp. 342-352.
- [6] Shin, Wan S. and A. Ravindran(1996), "A Classification of MCDM Applications by Industrial Engineering Areas of Specialization," *Proceedings of International Conference for Computers and Industrial Engineering*, pp. 353-356.
- [7] Shin, Wan S., S.M. Hart and Lee, H.F.(1995), "Strategic Allocation of Inspection Stations for a Flow Assembly Line: A Hybrid Procedure," *IIE Transactions*, Vol. 27, No. 6. pp. 707-715.
- [8] White, L.S.(1969), "Shortest Route Models for the Allocation of Inspection Effort on Production Line," *Management Science*, Vol. 15, No. 5, pp. 249-259.
- [9] Yum, B. and E. McDowell(1981), "The Optimal Allocation of Inspection Effort in a Class of Nonserial Systems," *IIE Transactions*, Vol. 13, No. 4. pp. 285-293.
- [10] Zeleny, Milan(1982), *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [11] 조원양(1996), "검사공정 배치를 위한 의사결정 지원시스템 개발," 석사학위 논문, 성균관대학교 산업공학과.

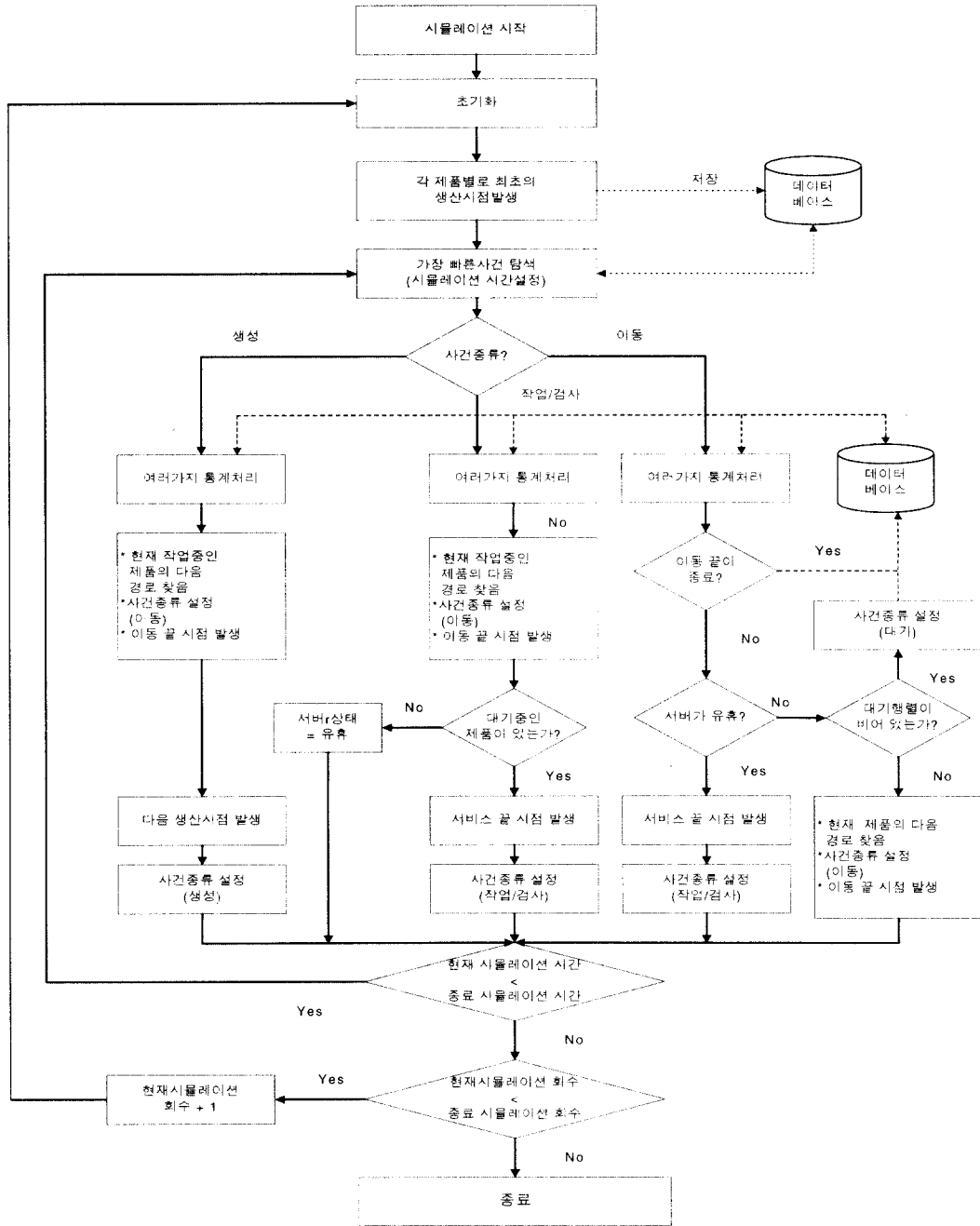
부 록



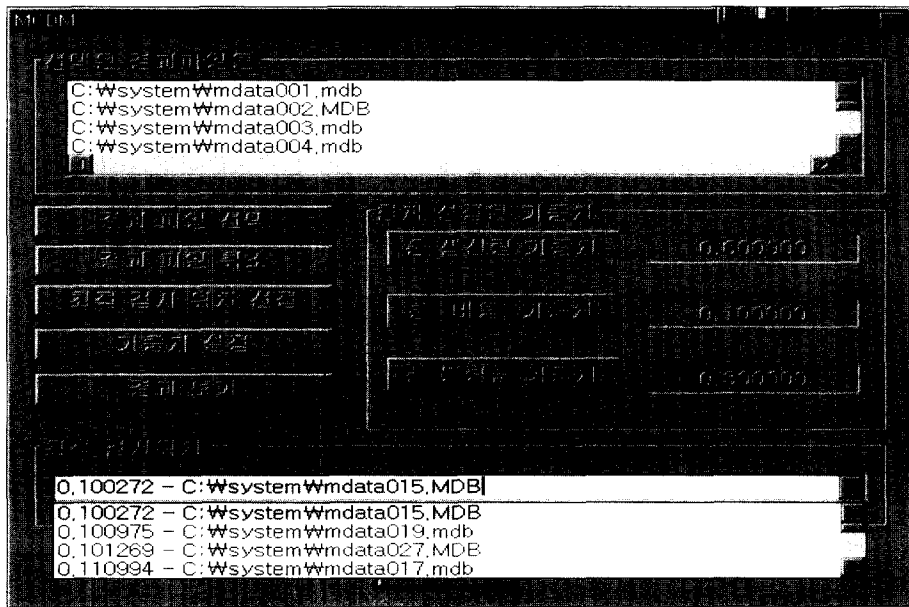
< 그림 6 > 작업공정 입력 화면



< 그림 7 > 시뮬레이션 진행과정 화면



< 그림 8 > SIS의 시뮬레이션 수행과정 구성도



< 그림 9 > 의사결정 지원 화면