

생산시스템 모델링의 분류 및 동향

(Classification and Trend of Manufacturing Systems Modeling)



구 평 회

(KIMM 자동화연구부 선임연구원)

- '87 한양대학교 산업공학과 (학사)
- '92 퍼듀대학교 산업공학과 (석사)
- '96 퍼듀대학교 산업공학과 (박사)
- '87 - '91 기아자동차 근무
- '96 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



이 승 우

(KIMM 자동화연구부 선임연구원)

- '89 인하대학교 산업공학과 (학사)
- '91 인하대학교 산업공학과 (석사)
- '91 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



김 동 훈

(KIMM 자동화연구부 연구원)

- '90 경북대학교 전자공학과 (학사)
- '92 경북대학교 전자공학과 (석사)
- '92 - 현재 한국기계연구원 연구원

1. 서 론

생산시스템의 주변 환경은 최근 제품 Life cycle의 단축, 다양화된 소비자의 욕구 및 주문형 생산 등으로 대표되는 대중주문생산(mass customization) 체제로 변화되고 있으며, 이러한 변화는 생산시스템의 운영을 복잡하고 어렵게 하는 요인이 되고 있다. 이와 같은 관점에서 볼 때 생산시스템의 설계, 운영, 평가에 정확성과 신뢰성을 부여하기 위해서는 모델링(modeling) 기법의 적용이 절실하며 중요성이 증대되고 있다.

모델링이란 현실세계의 시스템을 수학적 또는 도식적으로 표현하는 것을 의미하며, 해당 시스템이 운영될 때의 행동을 실제 시스템의 가동 없이도 미리 예측할 수 있도록 하는 기법이다. 생산시스템의 모델링은 시스템의 주요 특성을 파악하여 시스템 설계자 혹은 운영자에게 발생 가능한 생산변수(parameter)와 시스템의 설계가 시스템 운영척도(performance)에 얼마나 영향을 주는가를 신속히 파악하여, 결과적으로 올바른 의사결정을 내릴 수 있도록 하는 것이다. 그림 1.은 실제 시스템과 모델링의 관계를 도식적으로 보여주고 있다. 시스템내의 개체 및 그들의 기능은 주관적일 수 있기 때문에 모델링을 위한 첫 번째 단계는 모델링의 목표를 정하는 것이다. 다음 단계로는 설정된 목표를 고려하여 모델의 범위와 어느 정도로 상세히 모델링 할 것인가를 결정한다. 이러한 과정을 통해 산출되는 모델은 다음장에서 설명하는 여러가지 모델링

기법에 의해 평가 된다. 모델의 평가는 여러 설계 대안들을 시스템 효율을 평가하기 위한 평가 단위에 의해 이루어지며, 모델의 평가에서 나오는 결과는 여러 대안에 대한 수행척도이고 이를 근거로 모델이 실제 시스템에 활용된다.

본 논고에서는 생산시스템에서의 모델링 기법에 대한 분류 체계를 제시하고, 대표적 모델링 기법을 소개한다.

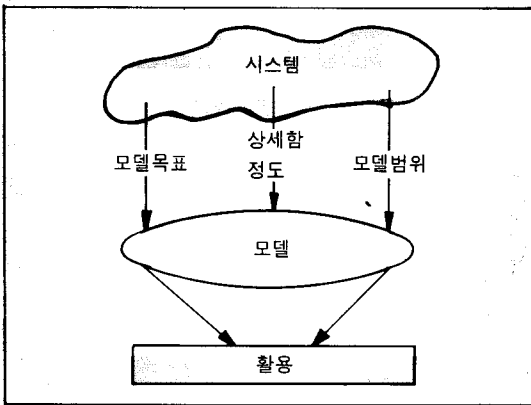


그림 1. 모델링의 기본 개념

2. 생산시스템 모델링분류

본 장에서는 생산시스템의 모델링 기법으로 널리 이용되는 세가지의 모델링 접근법을 소개한다. 그림 2는 접근 방법에 따라 생산시스템을 모델링하기 위한 기법을 분류한 것이다. 생산시스템의 설계시 주로 정보의 흐름을 모델링하

기 위해 사용되는 기능적(functional) 모델링, 생산시스템의 의사결정사항을 제공해 주는 처방적(prescriptive) 모델링, 특정 시스템의 성능을 평가하는데 이용되는 서술적(descriptive) 모델링 등이 포함된다. 여러종류의 부품을 생산하는 공장을 예를 들면 기능적 모델링은 공장운영에 필요한 정보의 흐름을 정의하여 시스템의 설계를 돕고, 처방적 모델링에서는 시스템을 운영하기 위한 최적의사결정(생산능력의 최적화, 부품 lot의 최적화, 재고수준의 최적화 등)을 수행할 수 있다. 서술적 모델링에서는 제안된 생산시스템에서의 가능한 생산량, Cycle time 등의 예측을 통해 시스템의 설계/분석/평가 등이 가능하다.

2.1 기능적(Functional) 모델링

본 절에서는 기능적 모델링 기법 중 대표적인 IDEF를 이용해 기능적 모델링 기법을 설명하고자 한다. IDEF는 생산시스템의 계층적 구조를 표현하기 위한 도형적(graphical) 방법으로써 전체시스템의 요소 혹은 기능들의 관계를 명확히 표현하는데 사용된다. 이 기법에서는 시스템 내의 여러 기능이 점진적으로 보다 자세히 표현되도록 계층적으로 구조화 되어 있는 일련의 다이어그램(diagram)으로 구성되어 있다. IDEF는 표현하고자 하는 시스템의 기능에 따라 세가지로 분류되는데, IDEF₀는 생산활동과 이런 활동들의 관계(relation)측면에서 생산시스템의 기능을 묘

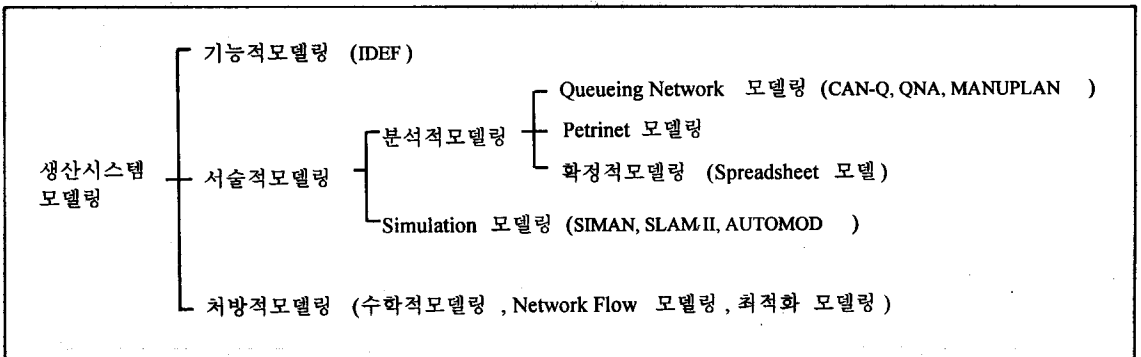


그림 2. 생산시스템에서의 Modeling의 분류

사하는데 사용되고, IDEF₁은 생산기능들을 지원하기 위한 정보흐름(information flow)을 표현하기 위해, 그리고 IDEF₂는 생산시스템의 시간적 변화(time-varying)를 표현하기 위한 동적모델(dynamic model)의 묘사를 위해 사용된다^[2].

IDEF의 기본 단위인, 블록(block)의 구조를 그림 3.에 나타내었다. 이러한 블록은 하나의 기능 또는 활동을 의미하고, 이들 블록의 연결을 통하여 기능간의 상호관계를 표현한다. 또한 각 기능을 나타내는 블록은 수평적인 연결뿐만 아니라 종속적으로, 즉 친자관계(parent/child relationship)를 통해서 한 기능내에서 일어날 수 있는 여러 하위(sub) 기능들을 순차적으로 표현할 수 있도록 되어 있다. 이러한 방법은 세부기능을 단계(level)에 관계없이 무한히 표현할 수 있으며, 이와 동시에 세분화된 시스템 단계가

전체 시스템의 개요와 항상 연관되어 있어 전체 시스템을 쉽게 표현할 수 있는 장점이 있다.

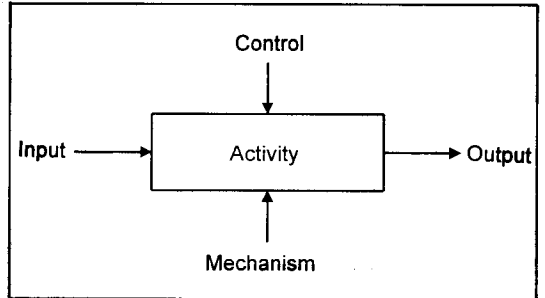


그림 3. IDEF의 기본 블록

그림 4.는 생산시스템에서 사용되는 공구의 효율적인 관리를 위한 공구관리시스템을 개발하기 위해 초기 단계에서 시스템이 가져야 할 기능, 입/출력정보의 정의, 사용될 기법 및 도구

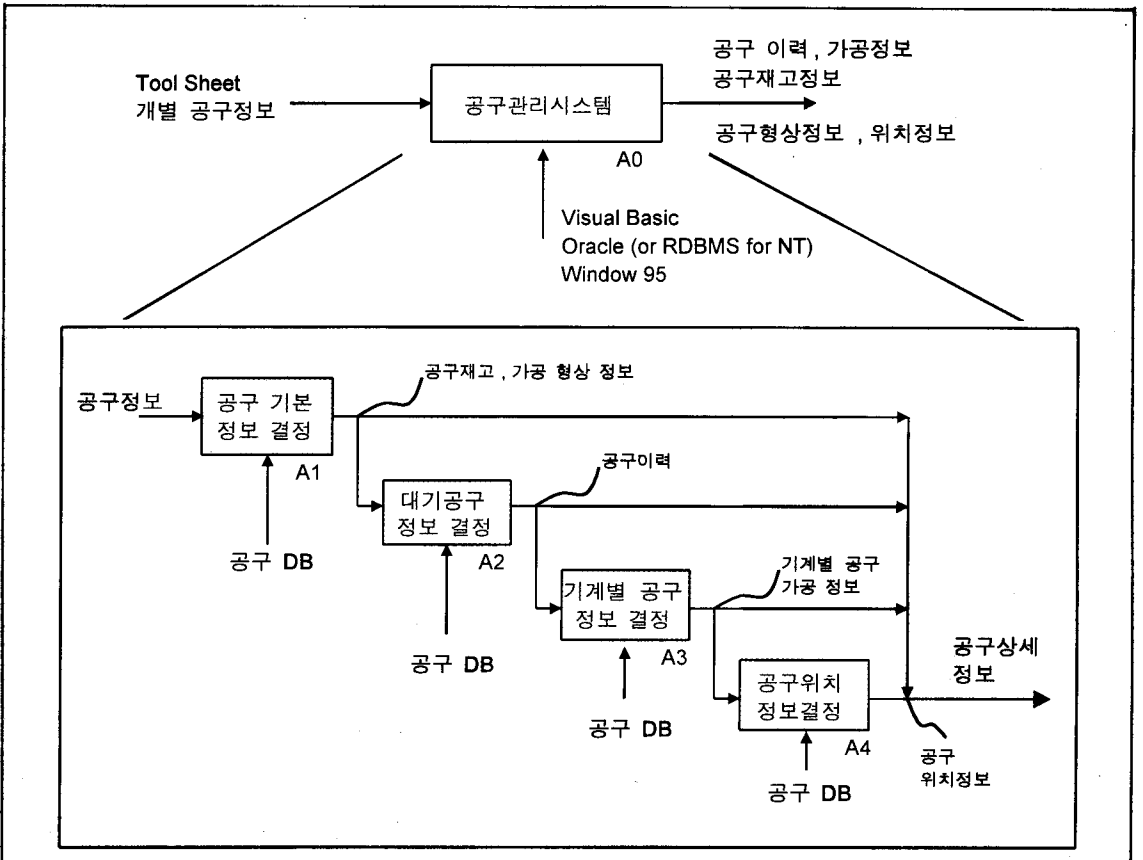


그림 4. 공구관리시스템의 하위레벨 다이어그램

등을 모델링하고자 IDEF 기법을 사용한 예를 보여주고 있다. 최상위 레벨에서 공구관리시스템의 전체 기능 및 구조를 나타내고 시스템의 모듈 혹은 관련된 부분을 하위단계에서 기능을 정의하여, 시스템이 가지는 기능 및 정보의 흐름을 용이하게 파악할 수 있도록 IDEF는 표현하고 있다. 또한 IDEF 기법은 이것을 기준으로 하여 개발 완료시 시스템의 평가와 시스템의 재구성 작업도 용이하게 한다.

모델링 작업의 용이화를 위해 IDEF 기법을 이용한 상용화된 모델링 S/W들이 개발되어 있으며, 이들은 도면 생성을 지원하는 GUI tool, 친/자(parent/child) 다이어그램의 자동 연결, 이들간의 정보교환과 문서화를 통하여 모델링 작업을 자동화 하고, 이를 통하여 시스템 설계자에 대한 지원을 최대화한다. IDEF는 생산활동이 직면하고 있는 여러 제약조건과 시스템 본질을 이해하기 위한 구조적 방법론을 제공하고, 효과적인 의사결정을 통한 효율적인 생산시스템의 모델링을 가능하게 한다.

2.2 처방적(Prescriptive) 모델링

생산시스템의 연구에 이용되는 여러 가지의 처방적 모델들 기법은 주로 산업공학의 일부분인 OR(Operations Research)분야에서 볼 수 있는데, 여기에는 선형계획법(LP;linear programming), 정수계획법(IP;integer programming)과 같은 수학적 기법과, network flow 모델 및 일반 최적화 모델 등이 포함된다. 이러한 모델들 기법에서는 기계, 설비, 인력, 부품, 시간 등의 생산 자원과 기타 다른 제약 조건이 수학적 관계식으로 생산시스템을 모델로 표현하고, 의사결정은 제약조건인 변수 값에 의해 결정된다. 모델들의 목적 함수는 최적화 되어야 하는 의사결정 변수의 함수로 표시된다.

본 절에서는 처방적 모델들의 이해를 돕기 위해 생산시스템의 기계할당 문제를 이용하여 처방적 모델들 기법을 설명한다. 여러 대의 기계

로 구성된 생산시스템에서 여러 종류의 제품을 생산해야 하는 경우를 생각하자. 이 모델링의 목적은 최소의 비용으로 계획된 제품을 생산하기 위해 제품을 기계에 할당하는 것이다. 이를 정수계획법의 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{Minimize } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Subject to } \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

x_{ij} = 양의 정수

m = 기계 대수

n = 제품종류의 수

d_{ij} = 제품 j 한 단위가 기계 i 에서 생산에 필요한 시간

a_i = 기계 j 에서 이용 가능한 시간

b_i = 제품 j 의 생산 요구량

c_{ij} = 제품 j 한 단위가 기계 i 에서 생산하는데 소요되는 비용

x_{ij} = 기계 i 에서 생산되는 제품 j 의 양

위에서 표현한 식의 목적식은 제품-기계할당의 여러 가능성 중 가장 비용이 적게드는 할당을 찾아내는 것이다. 여기서 얻어진 할당 결과는 조건식에 나타난 제약을 만족시켜야 한다. 조건 내용 중 첫 번째 식은 각 기계에서 생산되는 제품의 양은 그 기계가 사용할 수 있는 시간에 의해 제한되는 것을 의미하며, 두 번째 식은 한 제품의 필요량은 모두(어느 기계에서든) 생산되어야 한다는 제약 조건이다. 마지막 제약식은 각 기계에서 생산되는 각 제품의 수는 소수점이 될 수 없다는 조건을 나타낸다.

위의 예에서와 같이 생산시스템을 수학적으로 모델링 하여 최적의 해를 구하는 것이 처방적 기법이다. 처방적 기법은 보통 변수의 값이 결정적(deterministic)이다. 따라서, 처방적 시스템

에서는 실제 생산시스템을 단순화 시켜 원하는 값을 구한다. 이렇게 단순화된 모델은 잘못된 의사결정을 유도할 수도 있다.

2.3 서술적(Descriptive) 모델링

서술적 모델링은 생산시스템의 실제 가동시 어떻게 운행될지를 예상하고, 어떤 의사결정이 시스템에 어떤 영향을 미치는가에 대한 정보를 미리 제공해 주고, 이를 이용하여 시스템 설계자가 올바른 의사결정을 할 수 있도록 하는 모델링 기법이다. 서술적 모델링의 목적은 시스템의 최적해를 제공해 주는 것이 아니라 여러 가능한 생산시스템 환경하에서 시스템이 어떻게 움직일까하는 시스템 상태에 대한 예측과 평가를 하기 위한 것이다. 서술적 모델링은 분석적 모델링과 시물레이션(simulation) 모델링 두 가지 형태가 있다. 분석적 모델은 일반적으로 문제를 단순화 시켜 시스템을 모델링하고 시물레이션 모델링은 시스템이 복잡하거나, 세부적인 분석이 필요할 때 사용한다.

2.3.1 분석적 모델링 Queueing Network Based Modeling

분석적 모델은 일반적으로 문제를 단순화 시켜 시스템을 모델링 한다. 분석적 모형은 보통 queueing network나 Petrinet을 이론적 기반으로 생산시스템에 대한 근사적 성능 평가를 제공한다. 분석적 모델링 기법은 생산시스템의 각 작업장 및 기타 자원에 대하여 수학적으로 관계를 표현하고, 보통 종합적인 방법으로 생산시스템의 행동을 예측한다. 이러한 종합적 해법은 세

부적인 면을 소홀이 하는 경향이 있으나, 여러 가지의 시스템 설계/운영 대안을 빠르게 분석, 평가하는데 유용하게 사용된다. 이번 절에서는 queueing network를 기반으로 하는 분석적 기법중 대표적인 CAN-Q 및 QNA를 통하여 분석적 모델링 방법을 설명하고자 한다.

CAN-Q(Computer Analysis of Network of Queues)는 폐쇄형 queueing network¹⁾을 기본으로 Solberg(1980)가 개발한 생산시스템 평가 시스템으로^[7], 가공될 제품은 생산시스템 내에서 routing 확률에 의해 각 기계에서 가공되며, 가공이 완료되면 같은 종류의 제품이 다시 시스템으로 투입되는 것을 기본 원칙으로 가정한다. 이렇게 하여 폐쇄형 network의 구성이 가능하며, 이러한 상황에서 정확한 시스템 운영척도(performance)의 값을 대기모형으로 구할 수 있다. CAN-Q에서는 각 기계의 가공시간이 지수 분포를 따르고 제품의 도착은 Poisson 분포를 따른다는 가정이 있어야 한다. 후에 Suri와 Hilderbrant(1984)는 유연생산시스템(FMS;Flexible Manufacturing System)의 모델링을 위해 CAN-Q의 확장 개념으로서 MVAQ(Mean Value Analysis of Queue)를 소개했다^[6]. MVAQ는 CAN-Q와 같이 폐쇄형 queueing network를 기본으로 하여, 기존의 CAN-Q의 기능이 외에 여러 종류의 부품을 포함할 수 있도록 하고 여러 가지 기능을 확장하였다.

QNA(Queueing Network Analyzer)는 AT&T Bell 연구소에서 Whitt(1983)에 의해 개발된 것으로, 개방형 queueing network를 이용하여 모델링한 시스템의 운영척도를 근사적으로 계산하

1) 생산시스템을 표현하는 Queueing Network 모델은 개방형 및 폐쇄형으로 구분할수 있다. 개방형 Queueing Network에서는 부품이 외부로부터 생산시스템에 들어오고, 하나 이상의 작업장에서 가공(조립)되어, 최종적으로는 시스템에서 나가는(출하) 상황을 말한다. 따라서, 개방형 Network에서는 시스템내에있는 부품의 수는 외부에서 오는 작업물의 도착량과 작업속도등에 따라 변화한다. 반대로, 폐쇄형 Network에서는, 초기에 시스템 내에있는 부품의 수를 설정해 놓고, 한제품의 생산활동이 모두 완료되어 시스템을 빠져나가는 것과 동시에 동일한 제품이 다시 시스템에 들어온다고 가정한다. 따라서, 폐쇄형 Network에서는 시스템 내에있는 부품의 수는 항상 일정하게 유지된다.

는 방법이다^[4]. QNA는 분해(decomposition) 방법에 의해 전체 생산시스템을 독립된 작업장(혹은 기계)으로 나누어 분석하여 개별적으로 운영척도를 구하고, 이를 다시 종합하여 전체 시스템의 운영척도를 구한다. 이 방법의 특징은 제품이 시스템에 도착하는 분포나 생산에 필요한 시간(가공시간)에서의 분포가 어떠한 분포를 따르든지 모델링이 가능하다는 장점이 있다. Suri 및 Diehl(1985)에 의해 소개된 MANUPLAN도 개방형 queueing network을 이용하여 모델링한 것으로, MANUPLAN에서는 queueing network 및 신뢰성모델을 결합하여 개발했다^[5].

Queueing network을 이용한 모델링을 좀 더 자세히 설명하기 위해, QNA를 이용한 모델링을 간단한 예로 들어 설명한다. 그림 5.는 다섯대의 기계로 구성된 생산시스템을 queueing network 모형으로 표현한 것이다. 여러 종류의 제품이 서로 다른 경로를 통하여 각 각의 공정계획에 따라 몇 몇 기계를 거쳐 생산된다. 기계의 관점

에서 보면, 여러 종류의 부품이 한 기계에서 가공되므로 각 부품이 대상 기계에서 가공되기 위해서는 앞에 도착한 부품이 모두 가공될 때까지 기다려야 한다. 이렇게 되면 각 기계 앞에는 대기행렬이 생성되고, 이와 같은 현상은 대기이론에 의해서 분석될 수 있다. 대기이론에서의 문제는 제품의 도착이 기계상호간에 종속(dependent)된다는 사실과 도착하는 제품은 서로 도착 분포가 다르다는 것이다. 이러한 상호의존성과 다른 개별 부품도착 문제(상이한 도착분포)를 해결하고자 하는 방법이 시스템을 분해(decomposition)하는 것이며, 이러한 분해 방법에 의해 각 각의 기계는 독립적으로 분석될 수 있다(그림 5.의 하단부). 독립적인 기계에서는 여러 제품의 도착분포를 하나의 대표되는 가상 제품의 도착으로 가정하고, 가상부품의 통계적 도착 분포(distribution)를 평균과 분산(scv:squared coefficient of variation)으로 추정한다. 이렇게 하여 얻은 가상부품에 대한 도착 정보는

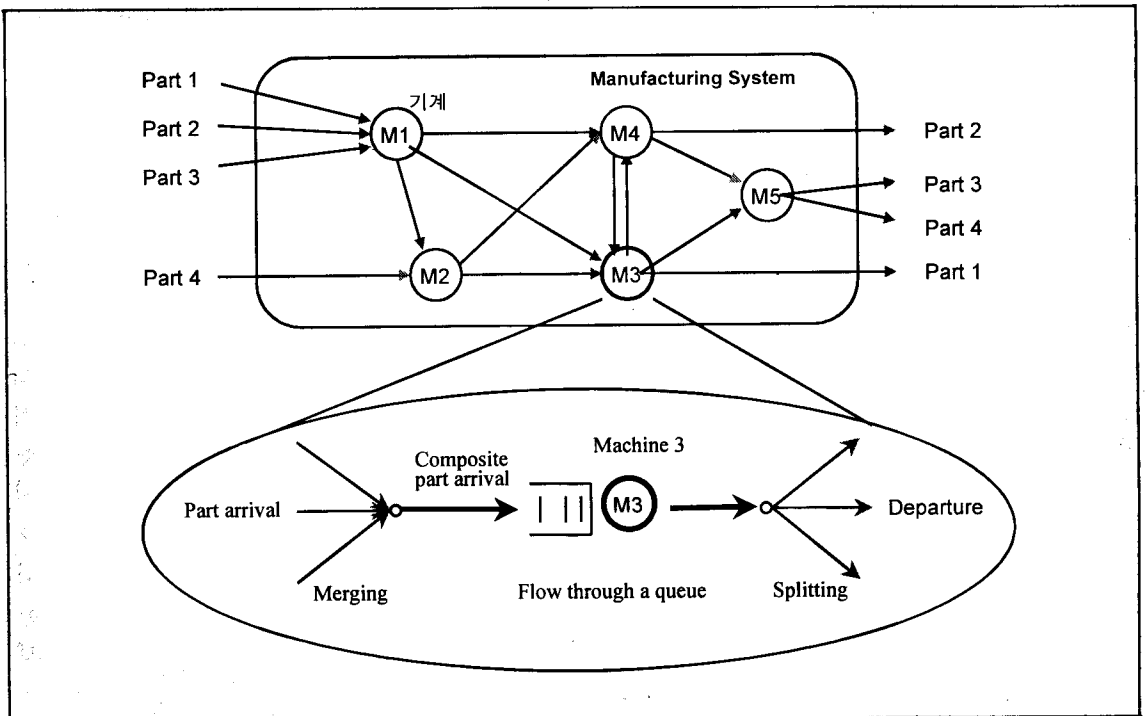


그림 5. Queueing Network를 이용한 생산시스템

다음과 같은 일반적인 대기이론에 의하여 가상 부품에 대한 각 기계의 수행 능력을 계산하는데 이용된다.

$$Lq = (ca + cs) Lq(M/M/m) / 2$$

Lq 는 한 기계에서 대기하고 있는 부품의 평균 수를 나타내고, ca 및 cs 는 부품 도착시간과 가공시간에 대한 scv 이고, $Lq(M/M/m)$ 은 Poisson 도착분포와 지수분포의 가공시간일 때의 대기 수를 나타낸다. 모든 변수들은 각 기계에서 분해방법에 따라 구해질 수 있고, 이를 시스템 내의 모든 기계를 고려하여 종합하면, 전체 시스템의 수행척도를 구할 수 있다.

2.3.2 분석적 모델링 : Petrinet Based Modeling

앞절에서 언급한 Queueing Network를 기초로한 모델링과 더불어 Petrinet을 이용한 생산시스템 모델링이 최근에 관심이 증가되고 있다. Petrinet 모델링에서는 생산시스템의 정성적이고 논리적인 특징, 즉, 생산시스템을 구성하는 여러 활동의 동기성(Concurrency)과 상호조화성(Synchronization) 등을 모델링할 수 있는 도구이다. Petrinet는 Place와 Transition으로 구성되어 있고, 이들은 방향성을 갖는 호(arc)에 의해서로 연결된다. 원으로 표시되는 Place는 시스템의 자원 또는 조건 등을 나타내고, Bar나 Box로 표시되는 Transition은 시스템 구성요소들의 활동을 나타낸다. 한 Transition에 대해 앞에 연결된 Place를 Input Place, 뒤에 연결된 Place를 Output Place 라고 한다. 어떤 Place내에 Mark가 있다면, 이 Place에 대응하는 자원을 현재 사용할 수 있다는 의미이고, 한 Transition에 관련된 모든 Input Place에 Mark가 존재하면, 그 Transition은 사용 가능하다는 의미이다. 어떤 Mark가 한 Place에서 다음 Place로 Enabled Transition에 의해 흐르는 것을 Firing이라 한다. Transition은 Enabled된 후 즉각적(Bar로 나타냄)으로 또는 일정한 시간이 소요(box로 표

현)된 후에 Firing 된다.

두개의 Transition은 Conflict(한 자원을 공동 이용하기 때문에 동시에 firing 불가) 될 수도 있고 Concurrent 될 수도 있다(다수의 Transition이 동시에 firing됨). 이러한 특징은 자동 생산시스템을 모델링 하는데 유용하게 이용된다. 특히 Petrinet의 Marking 개념은 시스템의 상태를 나타내고, 생산 Cell내의 Deadlock 현상을 미리 감지할 수 있다. Petrinet은 주로 시스템의 정성적인 면을 모델링 하기위해 이용되어 왔으나, 확률적 Petrinet에서는 작업수행시간 및 이의 randomness를 모델 내에 포함시켜 생산시스템의 수행척도를 정량적으로 표현하는데도 이용된다.

2.3.3 시뮬레이션 모델링

시뮬레이션 모델은 시스템이 수학적 모델로 표현하기에는 너무 복잡하거나 시스템 분석을 세부적으로 수행할 필요가 있을 때 사용된다. 제품의 동적(dynamic)인 흐름, 생산 롯트(lot) 변경, 제품의 중간재고를 위한 버퍼(buffer)의 크기, 버퍼에 있는 제품의 여러가지 분배(dispatching) 방법 등은 쉽게 시뮬레이션 모델에서 표현하고 분석할 수 있다. 실제로 어떠한 대기행렬의 현상도 시뮬레이션에서 분석 가능하다. 시뮬레이션 모델은 앞에서 설명한 분석적 모델링에 의해 얻어진 대략적인 결과치를 세부적으로 확인하는 데에도 사용된다.

생산시스템의 모델링을 위해서는 여러 시뮬레이션 방법 중 network를 기본으로 하는 시뮬레이션 절차가 널리 이용된다. 일반적인 시뮬레이션 언어인 SLAM나 SIMAN 등이 여기에 속한다. 시뮬레이션 모델은 확률적이고 확정적인 시스템 행동 모두를 혼합해서 모델링할 수 있다. 시스템의 확률적(stochastic) 성질을 모델링하기 위해서는 난수를 발생(random number generation) 시켜 이용한다. 최근에는 생산시스템의 다양성을 모델링 하기 위하여 생산시스템 모델링 전용 시뮬레이터가 소개되고 있으며,

AUTO-MOD, SIMFACTORY 등이 여기에 속하는데 이들은 보통 데이터 입/출력 결과에 대한 다양한 사용자 입/출력(user interface) 기능이 추가되어 시물레이션에 대한 프로그램 지식 없이도 이용이 가능한 장점이 있다. 그러나 사용 용이성이 높으면 모델링에 대한 유연성(Flex-ibility)이 떨어지는 단점이 있다. 그림 6.에 사용되고 있는 시물레이션 도구들의 사용 용이성과 모델링 유연성을 비교하였다. 또한 시물레이션은 3차원 Graphic 기술을 이용하여 실제 생산시스템의 운영을 animation 하여 시스템 운영의 이해에 도움을 주기도 한다. 그러나, 이러한 시물레이션 도구는 일반적인 시물레이션 언어보다 이용할 수 있는 범위가 제한적이다.

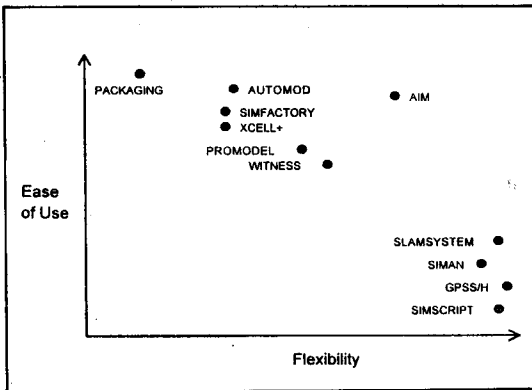


그림 6. 상용 시물레이션 도구의 사용용이성과 유연성 비교

3. Modeling 기법의 비교 및 분석

생산시스템의 초기 설계단계에서는 여러 가능한 시스템의 구조에 대해서 광범위하고 개괄적으로 이해하는 것이 필요하고, 여러 대안에 대한 장점과 약점에 대해 개괄적인 추정이 필요한데 이러한 경우에는 분석적 기법의 이용이 효과적이다. 대부분의 분석적 모델링은 대기(queue) 운영에 있어 선입선출법(First Come First Service)과 무제한 대기능력을 가정하고 있다. 또한 장기적으로 안정된 상태의 시스템만을 분석할 수 있다. 이와 같은 제약에도 불구하고 분석

적 모델이 어떤 상황에서 효과적인 것은, what-if 질문에 대해서 신속하게 답을 주고 따라서 설계의 예비 단계에서 유용하게 이용될 수 있다는 점 때문이다. 분석적 모델링에서 얻어진 개괄적인 평가는 세부적인 시물레이션 모델에 의해 검토되어 질 수 있다.

시물레이션은 생산시스템의 특성에 대한 내용을 세부적으로 분석할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 동적인 제품흐름, 생산 lot의 변경, 기계 및 시스템의 중단, 대기의 제한, 여러 가지 분배 규칙 등 분석적 방법에서 고려하기 어려운 세부적인 내용을 시물레이션 기법에서는 모델링이 가능하다. 그러나, 시물레이션을 이용한 방법은 시스템의 운영을 모의실험(모델링) 하기 위하여 준비하는 시간이 오래 걸리고 컴퓨터의 계산 시간도 많이 소요된다. 특히, FMS와 같이 시스템이 복잡하고 여러 단계의 생산공정을 거치는 다양한 제품을 생산하는 시스템이면 이러한 시간적 소요가 중요한 문제로 고려된다. 이를 해결하기 위해 시물레이션 결과중의 하나인 시스템 수행척도에 영향을 주지않는 요소는 모델링에서 단순화시켜 시물레이션하는 경우도 있다. 표 1.에 앞에서 분류한 모델링 기법의 특징 비교와 상용화된 모델링 소프트웨어를 나타내었다.

최근에는 Knowledge-based 시스템이 시물레이션 모델에 적용되어, 모델의 개발을 쉽고 빠르게 하고 분석을 지능적으로 하려는 방법들이 개발중이며^[3], 삼차원(3-D)의 가상현실(Virtual Reality) 기술을 이용하여 시물레이션의 결과를 실제 공장에서 운영되는 것 처럼 보여주는 가상 생산시스템(Vitual Manufacturing System)에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 또한 분석적 방법이 갖는 신속성과 시물레이션이 제공할 수 있는 세부적 분석을 모두 이용하기 위해 두 방법을 통합 하려는 노력도 병행되고 있다. Petrinet을 이용한 모델링은 특히 자동화 생산시스템 구성요소의 상호조화(synchronization) 및 동위화(coordination)가 필요로 하고, 특히 deadlock 문제가 중요한 사안이기 때문에 최근에 많은 연구

표 1. 모델링 기법의 기능 비교

	기 능		응용 S/W
기능적 모델링	모델의 정보 흐름 및 동적변화의 모델링에 용이 모델의 세부기능을 제한 없이 표현 가능		Design/IDEF, System Architect 등
처방적 모델링	모델의 단순화 및 수학적 표현 가능(OR, LP, IP 등)		LinDo
서술적 모델링	분석적 기법	설계 초기단계에서 모델의 개괄적인 추정 용이 What-If 질문에 대한 신속한 응답 모델의 상호조화 및 동기화 표현 가능	CAN-Q, QNA, MANUPLAN GTPN Analyzer 등
	시뮬레이션 기법	모델에 대한 세부적인 분석 가능 모델링의 준비 및 계산/분석에 많은 시간이 필요	SIMAN, AUTOMOD 등

가 진행 중이다. Workcell controller를 Petrinet 모델링과 연계하여 설계하려는 노력도 이와 같은 이유때문 이다.

4. 결 론

모델 또는 모델링 기법의 성공여부는 타당성 (validity), 신빙성(credibility), 일반성 (generality)에 달려있다^[8]. 일반적으로 시스템 내에서의 관계를 표현하는데는 우리가 원하는 정보를 얻을 수 있는 모델들 중 가장 간단한 모델을 이용하는 것이 효과적이다. 이는 복잡한 모델에서는 가정이 잘못된다거나, 정보의 오류, 컴퓨터 프로그램의 오류, 결과에 대한 부정확한 해석 등의 오류가 발생할 수 있기 때문이다.

성공적인 모델링이 되기 위해서는 우선 모델링 하고자 하는 목적을 분명히 하고, 그 목적에 따라 시스템의 경계(boundary)를 적절히 정하는 것이 중요하다. 앞에서 설명된 여러 모델링 방법은 추구하는 목표가 서로 다르고, 생산시스템

의 설계 및 운영시에 그 단계에 따라 적용 효과가 다르기 때문에 서로의 장/단점을 비교/분석하여 인식하고 사용해야 한다.

생산시스템은 더욱 더 복잡화 되고, 고객중심의 경영은 생산시스템의 형태 및 유형이 자주 바뀌는 원인이 된다. 모델링에 의한 생산시스템의 분석은 변화되는 시스템의 설계/운영을 위해 필수적인 요소가 되고 있다. 본 논고는 생산시스템 모델링을 위한 여러 방법을 분류 하였고, 분류된 모델링 기법의 장/단점을 비교하여 기술 하였다. 이러한 분류법이 모델링 기법을 이용하여 실제 생산시스템을 모델링할 때 많은 도움이 되기를 바란다.

참 고 문 헌

- [1] Hall, R.W., Queuing Methods for Services and Manufacturing, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1991
- [2] Mitchell, Jr. F. H., CIM Systems: An

- Introduction to Computer-Integrated Manufacturing, Prentice Hall, 1991
- [3] Wang, W. and Bell, R., A knowledge based multi-level modeling system for the design of flexible manufacturing facilities, International Journal of Production Research, 30(1), pp. 13-34, 1992
- [4] Whitt, W., The Queueing Network Analyzer, The Bell System Technical Journal, 62(9), pp. 2779-2815, 1983
- [5] Suri, R and Diehl, G.W., MANUPLAN: A precursor to simulation for complex manufacturing systems, Proceeding of the 1985 Winter Simulation Conference, San Francisco, CA, pp. 411-420, 1985
- [6] Suri, R. and Hildebrant, R.R., Modeling flexible manufacturing systems using mean value analysis, Journal of Manufacturing Systems, 3(1), pp. 27-38, 1984
- [7] Solberg, J.J., CAN-Q User guide, The optimal planning of computerized manufacturing systems, Report No. 9, School of Industrial Engineering, Purdue University, W. Lafayette, IN
- [8] Solberg, J.J., The power of simple models in manufacturing.
- [9] Viswanadham, N. and Narahari, Y., Performance Modeling of Automated Manufacturing Systems, Prentice Hall, 1992..