

## 민첩생산시스템 모델링을 위한 OKITPN의 이론적 고찰

### - A Study on the OKITPN (Object & Knowledge- based Interval Timed Petri-Net) for AMS (Agile Manufacturing System) Modeling -

양 광 모 \*

Yang Kwang-Mo

박 재 현 \*\*

Par, Jae-Hyun

강 경 식 \*\*\*

Kang Kyong-Sik

#### Abstract

Manufacturing companies must possess a new type of production system with characteristics of reconfigurability, reusability and scalability (Dove 1995), i.e. an agile manufacturing system. Such system will allow flexibility not only in producing a variety of part, but also in changing the system itself, which is a difference form flexible manufacturing systems. A fundamental early step in the reconfiguring process for agile manufacturing system is to develop a model that adequately describes the proposed systems, in order to be able to study and evaluate the impact of the reconfiguring decision on the system performance, before its construction. Therefore, in this paper, an Object & Knowledge-based Interval Timed Petri-Net (OKITPN) approach is proposed.

#### 1. 서론

급속히 변화하는 제조업 시장의 대응을 위해서 변형성, 재사용성과 규모성을 가진 새로운 유형의 제조시스템인 민첩 생산 시스템(agile manufacturing system : AMS)이 개발되고 있다. 변형성은 AMS의 필수적인 기능이다. 시스템이 하드웨어와 소프트웨어의 기본적인 설계 블록을 사용하기 위해서 AMS는 빠르고 신뢰할 수 있도록 변화되어야 한다. AMS를 위한 변화 공정에서의 기본적인 이전 단계는 AMS를 구축하기 전에 시스템 수행상의 변화 결정의 영향을 연구하고 평가 할 수 있게 하기 위해서 제안된 시스템을 적절하게 설명한 모델로 개발되어진다. 그러므로 빠른 모델링과 재사용할 수 있는 모델링의 특성이 요구되어지는 것이다. 이 논문에서는 목표와 지식 기반의 시간 간격 페트리 넷(OKITPN : Object & Knowledge-based Interval Timed Petri-Net) 접근이 제안하기로 한다.

\* 명지대학교 산업공학과 박사과정

\*\* 서일대학 산업시스템경영과 초빙교수

\*\*\* 명지대학교 산업공학과 교수

## 2. AMS(Agile Manufacturing System)의 요구사항

일반적인 제조시스템과 보다 명확한 유연 생산 시스템(FMSs)는 특별히 새로운 개념은 아니다. 하지만 그들의 사용과 전략적 배치는 이전 단계에서 여전히 이루어지고 있다. AMS의 묘사는 상대적 배치에 의해서 얻어진 변화된 진보의 개요를 포함한다. 여기서 민첩한 구성은 빠른 새로운 제품 도입, 예측이 불가능한 수요에 대한 적응, 길어진 설비의 적응성 등 특별한 가치를 가진다. 하지만, 이러한 것은 아직 민첩 생산 시스템을 위한 결정적인 과학적 연구의 기초일 뿐이며, AMS의 특성을 나타낼 수 있는 것의 몇 가지는 변형성, 재사용성과 규모성이다(Dove 1995). 변형성은 다른 생산 과업 또는 제조 환경을 수용하기 위한 AMS의 필수적인 기능이다. 새롭고 고객 지향적인 제품은 아주 빠르게 도입되고 있다. 변형이 확실한 재사용성과 규모성은 적당한 비용을 실행할 수 있게 한다.

제조 시스템의 변형성은 기계 공구 또는 다른 기능들 안의 생산 시스템을 변형시키는 능력이며, 이는 예를 들어 기계 공구의 모듈화된 부품의 교환 또는 제조 시스템의 기계 공구의 재배치에 의해서 성취된다. 제조시스템의 빠르고 민첩한 구성을 위해서 적절한 방법론과 틀이 필요하다. AMS를 위한 변화 공정에서의 기본적인 이전 단계는 AMS를 구축하기 전에 시스템 수행상의 변화 결정의 영향을 연구하고 평가 할 수 있게 하기 위해서 제안된 시스템을 적절하게 설명한 모델로 개발되어진다. 그러므로 빠른 모델링과 재사용할 수 있는 모델링의 특성이 요구되어지는 것이다.

모델링은 다음과 같은 특성을 필요로 한다.

- (1) 모델은 쉽게 정의되고 실행되어야만 한다.
- (2) 모델링의 목적이 정의되고, 현행 제조 자원의 직접적인 계획을 세운다.
- (3) 관리 로직을 묘사하기 위해서 모델링 목적들의 관계와 상호작용을 컴퓨터 언어로 변환시킨다.
- (4) 모델링 목적의 선택(혹은 변경)에 의해서 모델을 배열해야 한다.
- (5) 모델의 보전(예를 들어 업데이트, 변화 등)이 용이해야 한다.

## 3. 현행 제조시스템 모델링의 방법론

모델링 방법론에서 중요한 것들을 예를 들어 대기 네트워크, 활동 사이클 도표, IDEF0, 페트리 넷, 목표지향적 모델 등등이 있다.

### 3.1 대기 네트워크

대기 네트워크 모델은 제조 시스템의 가장 넓게 연구된 분석적인 모델로 알려져 있다. 대부분의 네트워크 모델들은 평형적인(정적인 상태) 분배로부터 제품을 유지하는 Jackson-Gordon-Newell 유형으로 사용된다. 많은 경우에 지수적 서비스 시간의 가정은 약하고 잘못된 결과를 유도할 수 있다.

### 3.2 활동 사이클 도표

활동 사이클 도표는 제조 시스템의 이해와 분석의 이득에 대한 그래픽 방식에서의 시스템 상태의 변화를 설명한다. 하지만 활동 사이클 도표는 이산적 사건 동적 시스템에서의 상태와 사건사이의 관계는 설명하지 못한다.

### 3.3 IDEF0

IDEF0는 처음 미국 공군의 통합적인 CIM 프로그램에서 시작되었다(Mackulak 1985). IDEF0는 계층적, 배역적, 모듈화 시스템의 설계와 문서화를 위한 모델링 방법론이다. IDEF0 방법론은 넓게 사용된다(Gong and Lin 1994). 이 모델링 접근의 설계된 블록은 활동영역이며, 이 활동영역은 모델화된 조직에서의 명확한 활동으로 정의된다. 이러한 활동은 의사결정 또는 정보-변환 활동, 또는 자재-변환 활동을 할 것이다. 화살표의 네 가지 유형은 활동 영역과 관계된다. 이들은 각각 입력, 출력, 통제, 기계 장치이다. 입력은 활동에 의해 변형된 아이탬들(예를 들어 자재, 정보)이며, 출력은 입력으로 행하여진 활동의 결과이다. 통제는 활동의 수행을 제어하는 상태이고, 기계장치는 활동을 이해에 따라 수행한다. 활동 영역과 네 개의 개체는 간결한 표현법을 제공한다. 입력은 기계 장치에서 수행되어지고 통제에 의해서 제어되어진 활동에 의해서 출력으로 변형된다. 명확한 활동의 입력, 출력, 기계장치 그리고 통제는 모델화된 상태를 위해서 정의되어야 한다. 활동 영역은 더 나아가 몇 가지 서브 활동 분류할 수 있다. 그럼에도 불구하고 IDEF0 방법론의 단점은 이들의 정적인 성질이다. 따라서 이는 단지 시스템의 정적인 행동만을 묘사한다. 이는 명백하게 활동들의 실 시간적인 상태나 결과가 아니다.

### 3.4 페트리 넷

페트리 넷은 비동시성의 진열, 동시적인 특성과 같은 시스템의 묘사와 분석을 위한 형식적인 그래픽 모델이다. 페트리 넷과 색체적인 페트리 넷과 시간적인 페트리 넷과 같은 그들의 변화는 그래픽한 표현과 통제 논리의 수학적 분석의 특징으로 시스템의 동적인 행동을 모델, 통제, 분석하는데 적용한다(D'Souza and Khator 1994). 많은 대다수의 페트리 넷은 다음과 같은 문헌에 설명되어진 것과 같이 이산적 제조 시스템의 모델링과 통제로 접근한다. He 공저(2000), Holloway and Kro호(1990), Zang 공저(2000), Berthomieu and Diaz(1991), Santar다 and Buseif(1998). 하지만 이러한 노력은 시스템이 더욱더 완벽해 질 때 모델링과 분석이 완전히 방해가 되기를 요구한다. reachability tree, invariant 분석, 대수학적 분석과 같은 전통적인 특성 확인 방법은 거의 거대한 크기의 페트리넷 방법을 적용할 수 없다. 더군다나 위의 방법들은 재사용성이 부족하다.

### 3.5 목표 지향적 모델

목표 지향(O-O) 기술은 제조 시스템 모델링의 새로운 패러다임이고, 응용 소프트웨어 개발에 널리 사용되고 있다(Patrick 1997, Park and Han 1997, Kim 공저 1993). O-O 모델링 기술은 객체들을 설명하는 모델에서 실 시스템과 목적에서 객체들 사이에 일대일 대응을 제공하고, 이는 높은 모듈화, 유지성, 재사용성을 지니고 있다. 많은 연구자들의 말한 장점을 제조 시스템 모델링

에서 O-O 방법에 적용한다(Mize 1992, Patrick 1997, Park and Han 1997, Wang 1996a, 1996b, Chen and Lu 1997, Yan 공저 1998, Zhang 공저 1999). 제조 시스템의 목표 지향적 모델은 전통적인 모델링 실행 보다 뚜렷하게 많은 장점을 제공한다. Mize(1992)는 목표 지향적 패러다임과 전통적인 모델링 패러다임을 비교하여 몇 가지 요소들을 요약하여 포함하였다. 그럼에도 불구하고, 강력한 틀 제공 정량 분석과 확인은 여전히 O-O 방법을 이용하지 못하고, 실 시스템에서의 그들의 묘사는 추상성과 정확성에서 부족하다.

#### 4. OKITPN(Object & Knowledge-based Interval Timed Petri-Net)제안

위의 모든 방법들은 확실히 한계를 가지고 있다. 그래서 몇몇의 연구자들은 모델링 문제를 해결하기 위해서 두 개 도는 이상의 방법들의 통합(예를 들어 통합적 방법)을 시도하였다. 이러한 통합적인 방법중의 하나가 자동화된 제조 시스템을 위한 목표 지향적인 페트리 넷 접근법(OPN)의 개발이다(Wang 1996a, 1996b, Wang and Wu 1998, Adamou 공저 1995). OPN 접근법은 목표 지향적 모델과 페트리 넷의 특성을 가졌을 뿐만 아니라 통제 논리의 높은 수준 상세적 설명과 통제 소프트웨어 코드 사이의 간단한 제작을 제공한다. 더군다나 새로운 통제 소프트웨어의 개발이나 작업적 변경을 수용하기 위한 존재하는 통제 소프트웨어를 수정을 요구하는 시간은 상당히 감소시킬 수 있다(Wang 1996a). 하지만 OPN 접근법 상에 없는 시간과 지식요소를 고려해야 하고, 또한 어떻게 원자대의 도착 논리를 설명해야 하는지 명백하지 못하다.

본 논문은 민첩 생산 시스템-OKITPN을 접목시키기 위한 통합시스템을 설명한다. 제조 자원을 위한 OPN 모델에서 시간 간격은 OKITPN 접근법에서 얻을 수 있는 시스템 수행 척도의 한계를 포함한다. 게다가 세 가지 유형으로 영역을 분류할 수 있다. (예를 들어 자원의 상태, 다른 목표로부터의 메시지와 부품의 도착 또는 출하를 설명하기 위한 정보 영역, 작업 영역 그리고 자원 영역) 제조시스템 모델을 위한 페트리 넷에서 통제 논리상의 조합된 이행과 통제/의사결정 지식(예를 들어, 일정계획/발송 지식)은 OPNs 사이에서 통합된다. 제안된 OKITPN은 AMSs를 모델화하고, 통제하고, 분석하는데 사용되어진다. 이러한 접근법은 제조시스템 모델링의 정확하고 자연적인 방법을 가진 O-O 기술과 페트리 넷 특성을 가지고 있다. 이 접근법으로 AMSs의 속성과 행동을 충분히 설명할 수 있고, 구축하기 전에 시스템 수행도 상의 변화의 사결정의 영향을 연구하고 평가할 것이다. 모델은 이러한 접근법이 모듈화, 유연성과 재사용성의 높은 등급을 행한다는 것을 기반으로 한다. 목표 지향적 모델링의 특성은 분류와 목표의 특징을 가지고 모델화된 AMS를 요구한다. 시스템의 활동이 제안된 OKITPN에 의해서 요약하고 모듈화 할 수 있으므로, 제조 시스템은 쉽게 구축하고 시스템 개발자에 의해서 평가 할 수 있다. 소프트웨어 IC의 개념으로 완벽한 AMSs의 모델링이 가능하다. 제조시스템에서 각각의 물리적 목표의 ITPN을 위한 분류 체계를 구축할 수 있으므로, 새로운 변화된 제조 시스템을 위한 ITPN 모델은 기존 ITPN 분류체계로부터 얻어낼 것이다. 이는 새로운 물리적 설비의 ITPN을 처음 구축(수정)을 하며 끝낼 수 있다. 그 다음에 존재하는 것의 결합과 개개의 ITPN의 무수정으로 새로운 OKITPN을 형상화한다. 개발자들은 단지 ITPN 목표와 관련된 상호작용과 작업만을 고려할 필요가 있다. 민첩 생산 시스템이 변화할 때, 시스템 모델은 빠르게 재생시킬 수 있다. 이러한 관계에서 민첩 생산 시스템 모델은 쉽게 구축하고 분석할 수 있다.

목표 지향적 접근법으로부터 AMS는 물리적 대상(예를 들어, 제조 설비)의 수와 비교하였다. 각

각의 물리적 대상은 일종의 제조 자원이고, 그들의 행동에 확실한 공정(예를 들어, 밀링)의 특징을 부여한다. 본 논문에서는 민첩 생산 시스템의 통합적 모델링 접근법을 설명한다. 목표 기반 모델과 목표 지향적인 모델은 약간의 차이가 있음을 주의하라. 목표 기반 모델은 다른 말로 분류 기반 모델이라 한다. 목표 지향적 언어는 분류들의 상속을 제공한다.; 분류 기반 언어는 단지 분류에 속한 목표만을 요구한다. 목표 기반 접근이 개발상의 실시간에 근접하는 동안 목표 지향적 분석은 더 나은 요약 접근을 요구한다. 목표 지향적 분석은 행동 분석과 상호작용 연구를 위해서 시스템 포함 상호작용 목표의 실제 모델을 세우기 위해 '사용 사례' 기술을 받아들인다. 목표 기반 모델은 이미 목표에 의하여 정의되었고, 분석 모델과 시뮬레이션 모델 사이에는 차이가 없다. 또 하나 다른점은 O-O 언어는 목표 기반 모델에 없는 다형성의 개념을 가지고 있다는 것이다. 계속 단순하게 분석되어야 하며, 그 때문에 넷 통합과 같은 정규적인 패트리 넷 접근법이 쓰여질 수 있다. 여기서 OKITPN 모델에서 상호간의 물리적 목표와 그들의 상호 연락 관계를 설명하려 한다. 수학적으로 제조 시스템 모델(OKITPN)을 정의하면 다음과 같이 할 수 있다.

$$OKITPN = (ITPN, JT, K)$$

여기서

$ITPN$  : 시간 간격 패트리 넷 블록의 집합 =  $\{ITPN_i, i = 1, 2, \dots, I\}$

$ITPN_i$  : 물리적 목표  $i$ 의 시간 간격 패트리 넷 블록

$JT$  : 시간 간격 패트리 넷 블록 사이의 조합된 이행의 집합  
 $= \{JT_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, I, i \neq j\}$

$K$  : 어떻게 조합된 이행을 이행하고, 무엇으로 조합된 이행을 이행할지 결정하기 위한 통제 의사결정 규칙

AMS 모델의 목표는 물리적 요소, 정보와 통제 의사결정 목표 분류로 분류된다. OKITPN 모델에서의 각각의 목표 기반 시간 간격 패트리 넷 모델( $ITPN_i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ ))은 각각의 물리적 목표(예를 들어, 제조 시설)에 의한 활동 수행을 의미한다. ITPN 모델 사이의 메시지 이동은 조합된 이행(JT)를 통하여 실행되며, 조합된 이행의 점화 상태는 첨부된 속성과 적절한 통제 의사결정 규칙에 의해서 결정된다. 조합된 이행의 점화 의사결정이 필요할 때마다. 이들의 상응하는 통제/의사결정 목표는 현재 시스템 상태(예를 들면, 설비 상태, BOM)에 따른 의사결정 지식 기반에서부터 가장 적절한 의사결정 규칙을 선택할 것이다. 사실상 이행과 상태 변화는 현시점에서 물리적 자원의 생산활동을 묘사한다.

## 5. 결론

AMS를 위한 변화공정의 기본적인 이전 단계는 이를 구축하기 이전에 시스템 수행상의 변화 결정의 영향을 연구하고 평가하기 위해서 적절하게 제안된 시스템을 묘사한 모델을 개발한다. 그러므로 빠른 모델링과 재사용 가능한 모델링의 특성이 요구되는 것이다. 이 논문에서는 목

표와 지식 기반의 시간 간격 페트리 넷(OKITPN) 접근이 제안되었다.

하지만 AMS의 활성화를 위해서는 제조활동 모델링의 목표 지향적인 모듈러 방법을 제시해야만 하고, 이는 지식, 시간 간격, 모듈러와 대화 속성들을 포함한다. 목표 지향적 모델링의 특징은 AMS가 계층과 목표를 가지고 모델화가 되게 하며, 빠른 복합적인 AMSs가 가능한 IC 소프트웨어 개념을 만든다. 시간간격 페트리 넷(ITPN)의 모든 목표중 하나는 ITPN의 목표와 관계되는 상호작용과 작업을 고려하기 위해 필요한 개발을 정의하는 것이다. 계속해서 어떻게 OKITPN을 실행해야 하는지에 대한 연구가 필요하며, 이에 따르는 사례연구 또한 이루어져야 할 것이다.

## 6. 참고 문헌

- [1] Dove, R., "Agile cells and agile production", *Production*, 10, 161-181
- [2] HE, D. W., Strege, B., Tolle, H., and Kusiak, A., "Decomposition in automatic generation of Petri-nets for manufacturing system control and scheduling" *INT. J. PROD. RES.*, 2000, VOL.38, 1437-1457
- [3] Mize, J.H., "Modeling of integrated manufacturing systems using an object-oriented approach", 1992, *IIE Transaction*, 24, 14-26
- [4] FELIX T. S. CHAN and JIE ZHANG "Modeling for agile manufacturing systems" *INT. J. PROD. RES.*, 2001, VOL.39, NO.11, 2313-2332
- [5] Park, T.Y., and Han. K.H., "An object-oriented modeling framework for automated manufacturing systems", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1997, 4, 324-334
- [6] Wang, L. C., "An integrated object-oriented Petri-net paradigm for manufacturing control systems" *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1996a, 1, 73-87