

## 협업프로세스 모델링 방법 개발 및 검증

이선화 · 류광열<sup>†</sup>

부산대학교 산업공학과

# Development of a Modeling Methodology to Capture Collaborative Processes and Its Verification

Sunhwa Lee · Kwangyeol Ryu

Department of Industrial Engineering, Pusan National University(PNU)

As long as the information systems are spread out, various efforts are being attempted to get the effective results by the system. As a result, a new management strategy has been appeared, referred to as “collaboration”, and it is necessary to use a right methodology for modeling collaborative processes accordingly. Even though many modeling methodologies such as IDEF3, Petri-Nets, UML, and ARIS have been widely used for modeling processes, they are inadequate for clearly representing collaborative processes. Some researchers, therefore, have suggested new modeling methodologies for describing collaborative processes including CPM (collaborative process modeling). In this paper, we introduce an extended version of CPM method (i.e., exCPM) as a tool for modeling collaborative works after analyzing advantages and disadvantages of aforementioned methodologies. One of distinct characteristics of exCPM is that model verification is possible by transforming the exCPM models into Petri-Nets models. We also demonstrate transformation of an exCPM model in this paper with case studies for model verification.

**Keywords:** exCPM, Collaborative Process Modeling, Petri-Nets, Verification

### 1. 서론

오늘날 급변하는 경영환경에서 점차 기업간 경쟁은 가속화되고 있으며, 기업내 프로세스의 성공적 수행을 위한 외부 의존도가 점차 높아지고 있다. 일반적으로 우리나라 기업들은 위계적인 수직적 조직 구조를 띄고 있으나, 기업의 이익을 최대화하기 위해서는 조직 구성원들의 다양성을 인정하고 의견을 수렴할 수 있는 수평적인 조직 구조로 변화되어야 한다. 이러한 노력의 일환으로 이전에는 철저히 차단했던 자원을 공유하고 모든 사람들이 함께 기업의 혁신을 추구하기 위해 “협업(Collaboration)”을 통한 기업 경영이 새로운 형태의 전략으로 급부상 하였다. 즉, 기업에서 수행하는 프로젝트가 개인 혹은 부서뿐만 아니라 기업의 범위를 넘어선 외부 조직과도 긴밀히 협력하여 수행될 수 있어야 그 기업이 급변하는 시장 환경에

서 타 기업과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있게 된 것이다.

대부분 기업에서의 프로젝트나 업무의 초기 단계는 효과적인 커뮤니케이션을 촉진하는 방법으로써 수행할 프로젝트 또는 제반 시스템을 사전에 모델링하여 분석한다. 초기 단계에서의 모델링 및 분석 과정은 매우 중요한데, 예를 들어 제조업의 경우 일반적으로 신제품 개발의 초기 설계 단계에서 제품의 개발 비용이 전체의 70%까지 발생하므로(Thompson, 2007), 초기 설계 단계에서의 생산성을 높이는 것은 전체 프로젝트의 성과를 좌우할 수 있을 정도로 중요한 과제라 하겠다. 따라서 시스템 구축의 경우 사전에 적절한 시스템 분석 및 설계를 위한 모델링 기법의 활용 또한 중요하다 할 수 있다.

프로세스 모델링은 IDEF3(Mayer *et al.*, 1995), UML(Booch *et al.*, 1999; OMG, 2003; Rumbaugh *et al.*, 1999; Pooley and Stevens, 1999), 페트리넷(Petri-Nets)(Petri, 1962), ARIS(Scheer, 1994), BPMN

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

<sup>†</sup> 연락저자 : 류광열 교수, 609-735 부산광역시 금정구 장전동 산30 부산대학교 산업공학과, Fax : 051-512-7603, E-mail : kyryu@pusan.ac.kr  
2010년 6월 15일 접수; 2010년 7월 16일 수정본 접수; 2010년 8월 19일 게재 확정.

(Kim *et al.*, 2005) 등 다양한 방법론을 활용해 수행할 수 있다. 그러나 이러한 모델링 방법론은 대부분 일반적인 프로세스 모델링을 위한 것이며 다수의 수행주체에 의해 수행되는 프로세스, 즉 협업프로세스를 명확히 표현하는 데는 그 기능이 충분하지 않다. 그 결과 복합적인 행위 주체들을 동시에 표현할 수 있는 협업프로세스 모델링 방법론의 필요성이 대두 되었으며 CPM(Collaborative Process Modeling)이라는 협업프로세스 모델링 방법론이 제안된 바 있다(Ryu and Yucesan, 2007).

본 논문에서는 일반적인 프로세스 모델링 방법론의 장단점을 비교·분석하여 협업프로세스 모델링에 필요한 특성을 도출하고, 도출된 결과를 바탕으로 기존 CPM의 개념을 확장한 협업프로세스 모델링 방법론인 exCPM(extended CPM)을 제안하고자 한다. exCPM의 특성 중 하나는 모델에 대한 검증이 가능하다는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 우선 exCPM 방법론을 통해 정의된 모델을 페트리넷(Petri-Nets) 모델로 변환하기 위한 변환룰(Transformation Rule)을 정의하고, 이후 변환된 페트리넷 모델을 활용하여 모델의 도달가능성(Reachability) 검증을 수행한다.

## 2. 기존 연구 및 차별성

### 2.1 IDEF3(Integration Definition Language 3)

IDEF3는 시스템에서 진행되는 프로세스를 순차적으로 표현하며 프로세스 간 연관관계를 시간의 흐름에 따라 표현할 수 있다(Mayer *et al.*, 1995). IDEF3를 이용한 모델링은 프로세스를 쉽게 표현하고 파악할 수 있으나, 프로세스의 흐름을 동적으로 표현할 수 없다. Referent를 사용하여 행위의 주체를 일부 표기할 수 있기는 하나 이는 모델에 직접적으로 반영된 것으로 볼 수 없으므로 협업에 참여하는 다수의 행위주체에 대한 표현에 한계가 존재하며, 설계된 모델에 대한 검증을 지원하지 않는다(Ryu and Yucesan, 2007). Yim *et al.*(1998)은 IDEF0(Mayer *et al.*, 1993)를 IDEF3로 변환하고 다시 페트리넷으로 변환하는 방법을 제안한 바 있고, Santarek and Busief(1998)는 IDEF와 페트리넷을 보완적으로 사용하여 시스템을 모델링하는 방법을 제안하는 등 모델에 대한 검증을 위한 여러 연구가 진행된 바 있다. 그러나 IDEF3의 협업을 표현하기 위한 기법의 연구는 더 이상 진행된 바가 없다.

### 2.2 UML(Unified Modeling Language)

UML은 객체지향 시스템을 모델링 하는 도구 중 하나로 1997년 Object Management Group(OMG)이 다양한 시스템을 모델링

하는데 사용하는 사실상의 표준으로 규정하고 있다(Booch *et al.*, 1999; OMG, 2003; Rumbaugh *et al.*, 1999; Pooley and Stevens, 1999). UML은 사용하기 쉽고, 표현력이 강하며, 확장성이 뛰어난 비주얼 모델링 언어이며(Quatrani, 1998), 시스템의 크기와는 관계없이 다양한 관점에서 모델링을 할 수 있다(Ryu *et al.*, 2003). 여러 가지 다이어그램을 통해 다양한 표기법을 지원하지만 UML 또한 협업 표현에는 한계가 있다. UML은 구획선(Swimlane)을 이용하여 수행 주체를 구분할 수는 있으나 다수의 주체가 동시에 참여하는 협업일 경우 이에 대한 표현은 더욱 어려워지게 된다. UML에 대해서도 IDEF와의 상호보완적인 사용에 대한 연구(Kim *et al.*, 2003), UML모델을 페트리넷 모델로 변환시키는 연구(Han *et al.*, 2004; Baresi, 2001) 등 서로 다른 모델링 기법들 간의 보완적인 연구는 활발히 진행된 바 있다.

### 2.3 BPMN(Business Process Modeling Notation)

BPMN은 프로세스 모델링 표기법의 표준으로 워크플로우에서 특정한 비즈니스 프로세스들을 설계하고 관리하는 사람들이 사용하기 위한 도표인 BPD(Business Process Diagram)와 함께 BPEL4WS(Business Process Execution Language for Web Services)로의 형식 변환을 제공해 준다. BPMN은 공개, 비공개 프로세스, 구성 등과 같은 B2B 비즈니스 프로세스 개념들은 물론 예외처리와 트랜잭션 보전 등의 고급 모델링 개념들까지 본질적으로 처리해 줌으로써 전통적인 비즈니스 프로세스의 기능을 진보시킨 것이다(Kim *et al.*, 2005). BPMN 또한 노트나 속성 정의를 통해서 협업을 나타낼 수 있기는 하나 UML과 마찬가지로 다수의 수행 주체를 표현해야하는 협업프로세스 모델링에는 제한적이라 할 수 있다.

### 2.4 ARIS(Architecture of Integrated Information Systems)

ARIS는 비즈니스 프로세스 모델링을 위한 모델링 기법으로 Event-driven Process Chain(EPC) 방법을 제공한다(Scheer, 1994). ARIS는 크게 기능, 조직, 데이터, 결과 관점과 각 관점에서 정의된 개체들과의 관계를 이용하여 프로세스를 표현하는 컨트럴 관점의 다섯 가지 관점을 가지고 있으며 이는 ARIS 툴셋(toolset)을 통해 지원된다. ARIS는 IDEF3 혹은 UML과 달리 조직 관점을 통해서 수행 주체에 대한 모델링이 가능하다. van der Aalst(1999)는 EPC 모델을 페트리넷으로 변환하는 방법에 대해 연구하였는데, 이는 ARIS 방법 또한 모델에 대한 검증 방법이 없기 때문이다. 그러나 그의 연구에서도 EPC 모델에 대한 변환 과정에 수행 조직은 고려되지 않았다. 협업 프로세스에 대한 페트리넷 변환 시 해당 프로세스와 관련된 선·후행

프로세스는 각 수행 조직의 구성 및 정책에 따라 다를 수 있으므로 이에 대한 고려가 반드시 필요하다(Ryu and Yucesan, 2007).

2.5 Petri-Nets

페트리넷(Petri-Nets)은 자원을 공유하는 시스템의 공동 프로세스에 대한 분석이 가능하다는 사실이 검증된 모델링 방법으로 여러 종류의 시스템을 설계하거나 분석하기 위해 널리 사용되고 있다(Santarek and Buseif, 1998). 일반적인 페트리넷은 플레이스(place), 트랜지션(transition), 아크(arc), 토큰(token)의 네 가지 요소로 모델링 된다. 페트리넷을 이용하여 모델링된 시스템은 토큰의 흐름을 추적함으로써 시스템의 동적 상황을 미리 예측 할 수 있다. 그러나 페트리넷 모델 또한 IDEF3 혹은 UML과 같이 협업에 대한 표현이 명확하게 나타나지 않는다. 이는 페트리넷에 수행주체를 표현할 수 있는 요소가 정의되지 않았고 또한 모든 Activity가 같은 모양의 플레이스 또는 트랜지션으로 표현되기 때문이다. 페트리넷을 이용한 협업모델링은 다른 업체의 프로세스 모델을 하나의 페트리넷 모델에 함께 연결시킴으로써 업체 간 협업을 표현할 수는 있으나 직관적 구분이 모호하고 모델의 크기가 커짐에 따라 가독성이 나빠지는 결과를 초래하게 된다.

2.6 CPM(Collaborative Process Modeling)

CPM은 시스템 내에 존재하는 협업프로세스를 명확히 정의하고 도출할 수 있는 비주얼 모델링 방법이다(자세한 내용은 Ryu and Yucesan, 2007 참조). 프로세스 중심적이고, UML의 구성 요소를 바탕으로 <Table 1>에서 볼 수 있는 바와 같이 총 8가지의 구성요소를 갖는다. CPM은 일반/내부협업/외부협업 프로세스를 별도의 기호를 이용하여 표현하므로 이를 직관적으로 파악하기 쉽다. CPM 모델의 각 프로세스는 이를 수행하는 주체가 명시되어 있어 필요에 따라 하나의 모델 내에 여러 주체의 프로세스를 함께 표현할 수 있다. 또한, CPM을 통해 완

성된 모델은 페트리넷(Marked Graph) 모델로 변환이 가능하며 이를 통한 모델 분석 및 검증이 가능하다는 장점을 갖는다. 그러나 CPM은 협업 프로세스에 대한 실시간 모니터링이 어렵고, 협업의 수행 주체간 주고받는 데이터를 표현하는 데는 한계가 있다. <Table 1>의 구성요소를 활용한 간단한 CPM 모델의 예는 <Figure 1>과 같다.

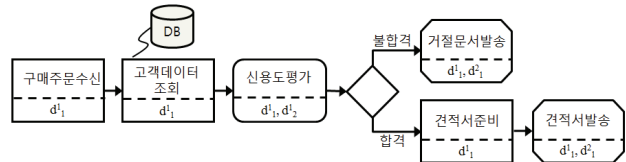


Figure 1. Exemplary CPM model

2.7 프로세스 모델링 방법론의 비교 · 분석

프로세스 모델링 방법론은 시스템의 프로세스 설계 시 프로세스의 정확한 이해와 설계, 교환을 위해 주로 사용된다. 본 연구에서는 협업프로세스 모델링에 필요한 특성을 도출하기 위해 기존 프로세스 모델링 방법의 기본적인 특성과 협업 측면에서의 특성을 비교 · 분석하였으며 그 결과는 <Table 2>와 같다. 분석 결과, 협업프로세스 모델링에서 가장 중요한 특성은 CPM, ARIS와 마찬가지로 다수의 수행 주체를 표현할 수 있어야 하며, 현재 작업자는 프로세스 모델을 통해 각자 수행할 업무를 실시간으로 파악할 수 있어야 한다. 또한 완성된 프로세스 모델은 전문가가 아닌 일반인도 기본적인 표기법만 익히면 이해할 수 있도록 가독성이 우수해야 하며, 여러 사용자들이 함께 활용할 수 있도록 표준화되어야 한다. 또한 어떤 방법론이든지 모델링 후 모델에 대한 검증을 수행할 수 있어야 하며 이 때 검증을 지원하는 방법론으로 페트리넷이 가장 유용하게 사용되고 있다. 이처럼 하나의 모델링 방법으로는 시스템 전체를 명확히 표현한다는 것은 한계가 존재하므로 이들의 보완적인 사용이 가장 바람직하다는 것을 알 수 있다(Ryu and Yucesan, 2007). 특히, CPM에서 정의된 변환 룰과 같이, 보다 간편하게 페트리넷 모델로 변환 가능한 매칭 요소 혹은 룰을 정의하여 활용하는 것은 바람직하다.

협업프로세스 모델링을 위해 필요한 또 다른 기능으로서 시물레이션과 협업 데이터의 명확한 표현 지원을 들 수 있다. 모델에 대한 시물레이션은 향후 발생할 여러 상황에 미리 대처할 수 있으므로 시간 · 비용 절감, 생산성 향상 등 효과적인 결과를 지원할 수 있다. 현재 사용되고 있는 IDEF3, UML, 페트리넷, ARIS 등 일반적 프로세스 방법들은 대부분 데이터의 표현에 제한적이다. 협업프로세스의 명확한 표현을 위해서는 기업 간 서로 상호 교환되는 데이터를 명확하게 정의할 수 있어야

Table 1. CPM elements

Symbol	Description	Symbol	Description
	Normal process		Synchronization
	Intra-collaboration process		Process transition
	Inter-collaboration process		Resource
	Decision		Reference note

하며, IDEF0(Mayer *et al.*, 1993)의 ICOM(Input/Control/Output/Mechanism)과 같이 방향성을 갖는 정보의 표현을 통해 기업간 정보 교환이 가능해야 한다.

이상과 같이 협업의 관점에서 기존 프로세스 모델링 방법들을 비교·분석한 결과 협업 프로세스를 명확히 표현하기 위해서는 다음과 같은 사항이 반영되어야 함을 알 수 있다.

- 다수의 수행 주체를 표현 가능해야 함
- 협업 수행 주체 간에 주고받는 데이터의 명확한 정의 가능해야 함
- 프로세스 모델링 방법의 자체적인 모델 검증이 가능해야 함(혹은 페트리넷 모델로의 변환이 가능하여 검증할 수 있어야 함)
- 협업프로세스의 시뮬레이션을 통해 향후 발생 가능한 상황에 미리 대처할 수 있어야 함
- 실시간 모니터링이 가능해야 함

### 3. extended CPM(exCPM)

#### 3.1 exCPM의 정의, 특성 및 구성요소

exCPM은 CPM의 협업 프로세스 표현에 있어서의 장점을 유지하면서 프로세스 모델링에 필요한 그 외 방법의 장점을 도입하여 기존의 CPM 방법을 개선한 방법론이다. CPM은 8가지의 구성요소로 이루어진 반면 exCPM은 Petri-Nets의 상태토큰(State token), Colored Petri-Nets(CPN) (Kristensen *et al.*, 1998)의 컬러토큰(Color token), IDEF0의 ICOM 개념을 반영하면서 10가지의 구성요소를 이루게 되었다(<Table 3> 참조). 또한, exCPM은 새롭게 적용된 특성을 표현하기 위해 세 가지 타입(일반/내부협업/외부협업)의 프로세스를 <Figure 2>의 예에서 볼 수 있는 바와 같이 세 영역으로 나누어 표현하였다. 첫 번째 영역에는 프로세스 정보를, 두 번째 영역은 프로세스의 수행 상태를











Table 2. Comparison of process modeling methods

Criteria	IDEF3	UML	BPMN	ARIS	Petri-Nets	CPM
Model Simplicity	Very simple (but not available for very complex models)	Simple	Fairly simple	Simple	Fairly simple, but complex when a model size becomes large	Fairly simple
Understandability	Very easy	Easy	Fairly easy	Easy	Mostly difficult	Fairly easy
Standardization	Very strong	Fairly strong	Strong	Strong	Very weak (many versions)	Strong
Data Expression with Processes	Impossible	Limited	Limited	Limited	Impossible	Limited
Representability	Not very strong	Fairly strong (restricted to diagrams supported)	Strong	Fairly strong	Very strong	Strong
Dynamics	Impossible (Static)	Impossible (Static)	Limited (through BPEL)	Impossible (Static)	Powerful (with tokens)	Impossible (Static)
Collaboration	Impossible	Limited (with collaboration diagram)	Limited (with definition)	Possible (with organizational symbols)	Possible (but models normally become very complex)	Possible
Model Verification	Not directly (via Petri-Nets transformation)	Not directly (via Petri-Nets transformation for certain diagrams)	Possible (through BPEL)	Not directly (via Petri-Nets transformation)	Powerful (with formalism)	Not directly (via Petri-Nets transformation)
Model simulation	Not directly (via WITNESS or Petri-Nets transformation)	Not directly (via Petri-Nets transformation)	Possible (through BPEL)	Not directly (via WITNESS etc.)	Possible	Not directly (via Petri-Nets transformation)
Real-time monitoring	Impossible	Impossible	Possible (through BPEL)	Impossible	Possible	Impossible



상태토큰으로, 세 번째는 수행 주체를 컬러토큰으로 나타냄으로 인해 협업프로세스를 직관적으로 파악하기 쉽게 하였다. 데이터의 흐름을 표현하기 위해 IDEF0의 ICOM 개념을 도입하였으나 exCPM에서는 Resource라는 구성요소가 존재하며 이는 Mechanism과 중복되는 개념이므로 복잡성을 줄이기 위해 ICOM 중 Mechanism은 생략하였다. 그리고 기존의 CPM 구성요소 중 Reference note는 ICOM으로 자세한 프로세스 설명이 가능하므로 삭제하였다. 데이터의 흐름과 프로세스의 흐름은 일반적으로 일치하지 않는 경우가 많으므로 Input, Output, Control은 점선 화살표를 사용하여 Process transition과 구분하였다. 그밖에 Decision과 Resource, Synchronization은 기존 CPM의 구성요소를 그대로 따른다.

Table 3. exCPM elements

Symbol	Description	Symbol	Description
	Normal process		Process transition
	Intra-collaboration process		Input/Output/Control
	Inter-collaboration process		Synchronization
	Decision		State token
	Resource		Color token

exCPM의 주요 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 프로세스 지향적(Process-centric)인 모델링 방법론
- CPM의 구성요소를 바탕으로 하며, 총 10가지의 구성요소로 이루어짐
- 컬러토큰을 통해 복합적인 행위 주체의 표현이 가능함
- 일반/내부 협업/외부 협업프로세스를 별도의 기호를 사용하여 직관적으로 파악하기 쉬움
- 페트리넷의 토큰을 적용하여 동적 표현이 가능하며, 프로세스의 실시간 모니터링이 가능함
- IDEF0의 ICOM 개념 도입을 통해서 협업데이터 흐름의 명확한 표현이 가능함

exCPM의 Formal Definition은 다음과 같이 10-tuple로 정의된다.

$$exCPM = \{P, CT, ST, PT, D, R, S, I, C, O\}$$

(1)  $P$ 는 프로세스들의 집합으로 일반/내부/외부협업 프로세

스의 합집합으로 정의된다.

$$P = P_{Normal} \cup P_{Intra} \cup P_{Inter} = \{p_k | k = 1, \dots, K\}$$

$P_{Normal}$ 은 일반 프로세스를,  $P_{Intra}$ 는 내부 협업프로세스를,  $P_{Inter}$ 는 외부 협업프로세스를 나타내며,  $k$ 는 프로세스의 일련번호( $k = 1, \dots, K$ )를 나타낸다.

(2)  $CT$ 는 컬러토큰의 집합으로 프로세스를 수행하는 행위의 주체를 나타낸다.

$$CT = \{ct_k^a | k = 1, \dots, K, a \geq 1\}$$

$a$ 는 프로세스  $p_k$ 의 컬러토큰의 개수를 나타내며, 만약  $a$ 의 값이 1이면 일반 프로세스를, 2 이상의 값이면 협업 프로세스를 나타낸다.

(3)  $ST$ 는 상태토큰의 집합으로 토큰을 통해서 프로세스의 진행현황을 파악할 수 있다.

$$ST = \{st_k^u | u = 0 \text{ or } 1, k = 1, \dots, K\}$$

$u$ 는 프로세스  $p_k$  내에 상태토큰의 존재 유무를 나타낸다.

(4)  $D$ 는 Decision들의 집합으로 프로세스 흐름을 판단하는 역할을 한다.

$$D = [d_{(f,y)}^j | j = 1, \dots, J; f \rightarrow [1, k]; Y = \{y_k | k = 1, \dots, K\}]$$

$j$ 는 decision의 일련번호,  $f$ 는 decision으로 들어가는 프로세스 번호,  $Y$ 는 decision 선택에 따라 진행되는 프로세스의 집합을 의미한다.

(5)  $S$ 는 Synchronization들의 집합으로 동기화된 프로세스의 흐름을 표현한다.

$$S = \{s_{(L,M)}^x | x = 1, \dots, X\}$$

$x$ 는 Synchronization의 일련번호,  $L$ 은 Synchronization 이전 프로세스의 집합,  $M$ 은 Synchronization 이후 프로세스 및 decision의 집합을 각각 나타낸다.

(6)  $PT$ 는 Process transition들의 집합으로 프로세스의 흐름을 표현한다.

$$PT = [pt_{(\alpha,\beta)}^e | e = 1, \dots, E; \alpha, \beta \in \{PUUDUS\}]$$

$\alpha$ 는 Process transition이 시작하는  $P, D$ , 또는  $S$ 의 구성요소,  $\beta$ 는 Process transition이 가리키는  $P, D$ , 또는  $S$ 의 구성요소,  $e$ 는

Process transition의 일련번호를 각각 나타낸다.

(7)  $R$ 은 프로세스  $p_k$ 의 Resource의 집합으로 프로세스 관련 리소스 정보를 관리한다.

$$R = \{r_k^q | k = 1, \dots, K, q \geq 0\}$$

$q$ 는 프로세스  $p_k$ 에 소속되어 있는 Resource의 일련번호를 나타낸다.

(8)  $I$ 는 프로세스  $p_k$ 로 입력되는 Input 요소의 집합이다.

$$I = \{i_k^v | k = 1, \dots, K, v \geq 1\}$$

$v$ 는  $p_k$ 로 입력되는 Input의 일련번호를 나타낸다.

(9)  $C$ 는 프로세스  $p_k$ 로 입력되는 Control 요소의 집합이다.

$$C = \{c_k^i | k = 1, \dots, K, i \geq 1\}$$

$i$ 는  $p_k$ 로 입력되는 Control의 일련번호를 나타낸다.

(10)  $O$ 는 프로세스  $p_k$ 로부터 출력되는 Output 요소의 집합이다.

$$O = \{o_k^z | k = 1, \dots, K, z \geq 1\}$$

$z$ 는  $p_k$ 에서 출력되는 Output의 일련번호를 나타낸다.

exCPM에서 정의한 외부 협업프로세스에 대한 Process Nota-

tion의 예는 <Figure 2>와 같다.

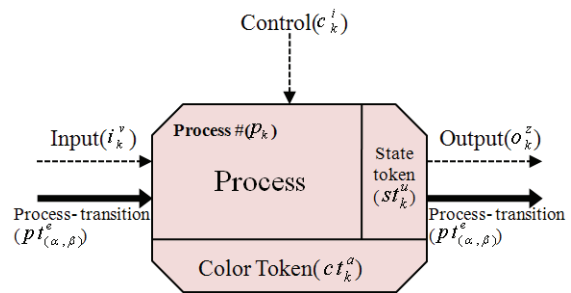


Figure 2. Inter-collaboration process notation

### 3.2 exCPM을 이용한 협업프로세스 모델링의 예

지금까지 설명한 exCPM을 이용하여 협업프로세스를 모델링한 예는 <Figure 3>과 같다. 예제 모델의 p6은 “Assemble mold parts” 업무로 등근 사각형의 프로세스 타입으로 보아 내부 협업임을 알 수 있으며 상태토큰이 존재하므로 현재 이 프로세스는 진행 중인 상태라는 것을 알 수 있다. 또한 <Table 4>에서 정의한 컬러토큰의 정의로 보아 현재 p6 프로세스는 A사의 mold production team(컬러토큰 2번)과 mold assembly team(컬러토큰 3번)이 참여하고 있음을 알 수 있다. 참고로 exCPM 구성요소에는 나타나 있지 않은 숫자를 표기한 것은 컬러토큰의 가독성을 높이기 위한 것이다. p6 프로세스가 수행되는데 있어 Standard parts와 Mold parts가 Input으로 사용되며, 수행 결과 Assembled mold가 출력되고, Assembly procedures가 Control 요소로 적용되고 있음을 알 수 있다. 또 다른 프로세스인 p3은

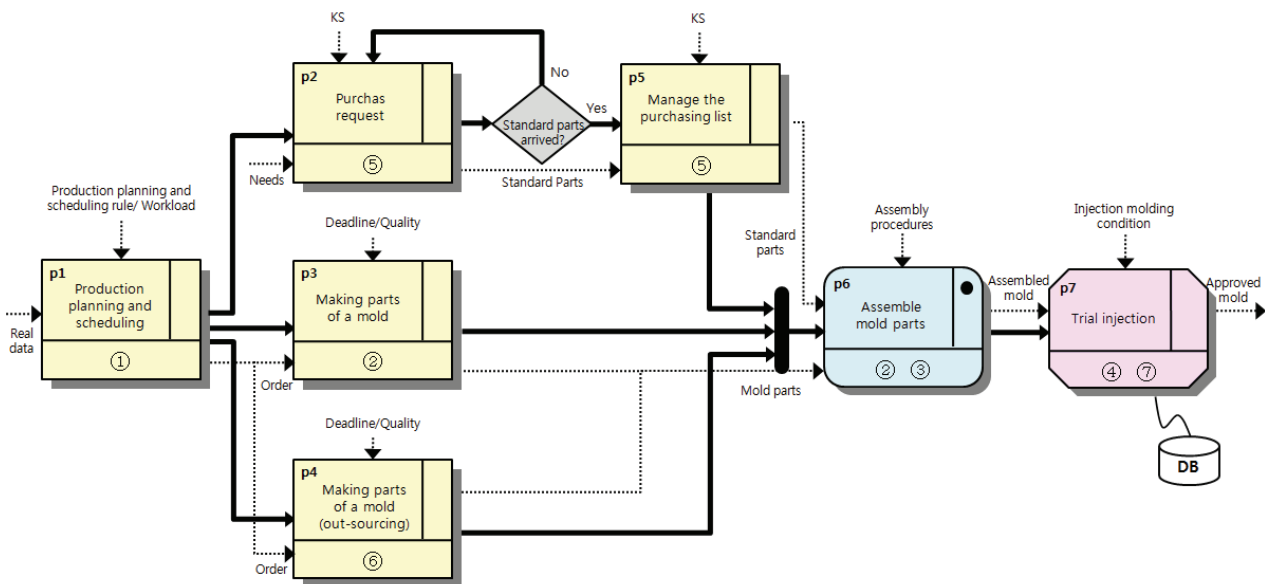


Figure 3. An example of simple exCPM model

“Making parts of a mold” 업무로 직사각형 타입이므로 일반 프로세스임을, p7은 “Trial injection” 업무로 각진 사각형 타입이므로 외부협업 프로세스임을 직관적으로 알 수 있다. 프로세스 p7은 A사의 Quality management team(컬러토큰 4번)과 B사의 Trial injection team(컬러토큰 7번)이 협업하고 있음을 알 수 있고, 상태토큰은 존재하지 않으므로 현재 수행중이 아니며, Resource 요소를 통해 금형의 시사출 조건에 필요한 데이터베이스가 필요한 것으로 파악할 수 있다.

Table 4. Company and departments for model in <Figure 3>

Company	Color token	Company/Department
Company A		Mold production company
	①	Marketing/strategy team
	②	Mold production team
	③	Mold assembly team
	④	Quality management team
Company B		Mold outsourcing company
	⑥	Mold production team
Company C		Trial injection company
	⑦	Trial injection team

로세스의 협업 모델을 표현하면 <Figure 4>와 같다. <Figure 4>에 표현된 협업에 참여하는 기업과 부서에 할당된 컬러 토큰의 정의는 <Table 5>와 같다.

Table 5. Company and departments for model in <Figure 4>

Company	Color token	Company/Department
Company A		Mold design company
	①	Marketing/strategy team
	②	Mold design team
	③	Mold production team
	④	Quality management team
	⑤	Process control team
Company B		Parts production company
	⑦	Marketing team
Company C		Mold outsourcing company
	⑨	Mold design team

3.3 exCPM 협업모델의 페트리넷 모델로의 변환 · 검증

기존 CPM 방법론에서는 설계한 모델을 검증하기 위해서 Marked Graph Building Block(MGBB)과 모델 변환을 위한 톨을

exCPM을 활용한 좀 더 복잡한 모델링의 예로, 금형설계 프

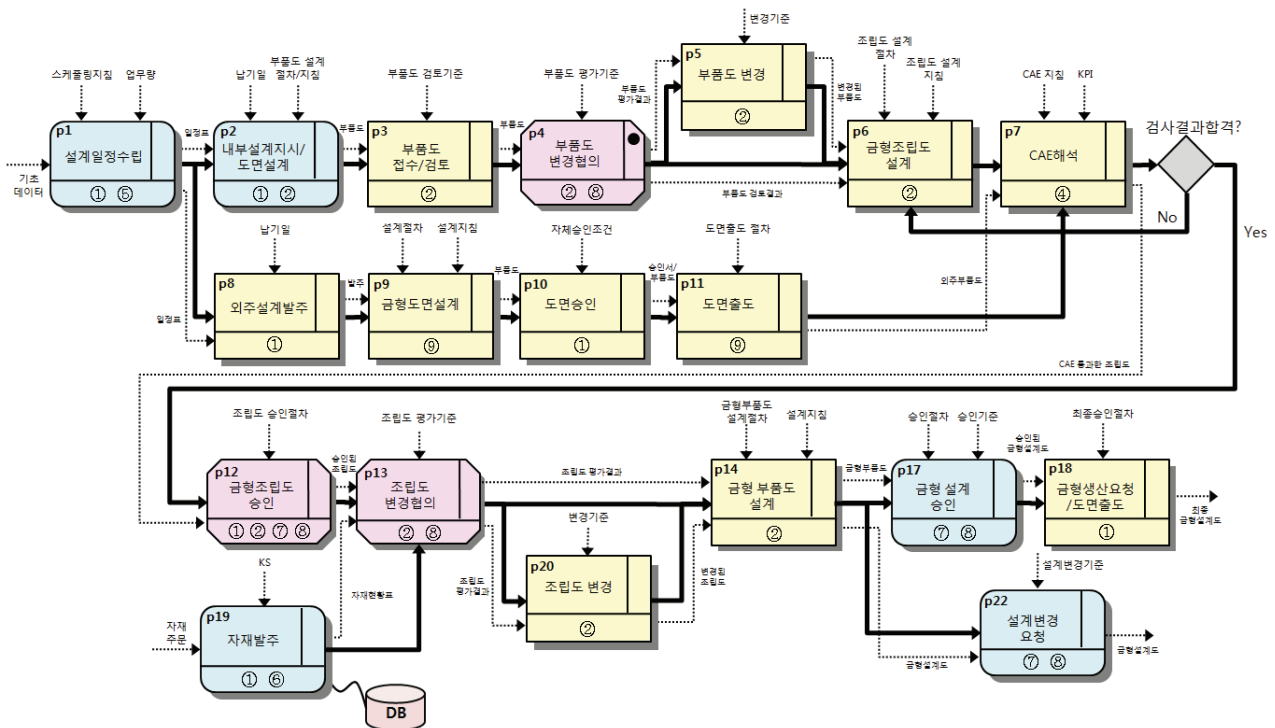


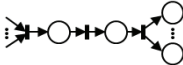
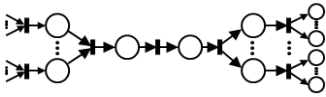
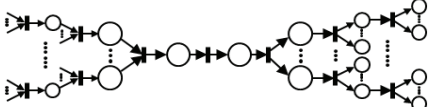

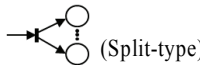
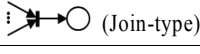

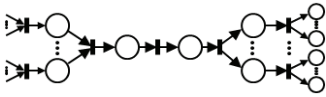




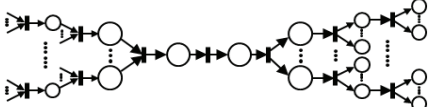




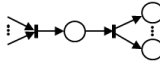


Figure 4. Exemplary exCPM model

Table 6. Marked graph building blocks(MGBB)

Symbol	Marked Graph Building Block	Symbol	Marked Graph Building Block
 Normal Process	[P0]  [P1]  [P2]  [P3] 	 Synchronization	 (Split-type)  (Join-type)
 Intra-collaboration process	[P2] 	 Decision	 (linked from a place) 
 Inter-collaboration process	[P3] 	 Process transition	 (link places to transitions)
		 Resource	 (link to transition)
		Ending mark (additional)	 (start) - link to the first transitions (end)

정의하여 사용하였다(Ryu and Yucesan, 2007). 본 논문에서 제안하는 exCPM 방법에서도 CPM과 유사한 방법을 통해 모델 변환이 가능하나, CPM에 정의되어 있지 않은 구성요소(상태토큰, 컬러토큰 등)가 존재하므로 기존의 MGBB를 수정·보완하여 <Table 6>과 같이 정의하였으며, 이를 반영한 변환 룰은 다음과 같다.

- Rule 1:** exCPM 모델의 구성요소 중 MGBB로 정의되지 않은 Inputs/Outputs/Controls요소를 제거한다.
- Rule 2:** 변환될 Marked Graph의 수준(Company, Department, Individual)을 결정한다.
- Rule 3:** 정의된 MGBB를 이용하여 exCPM 모델의 각 요소를 페트리넷 모델로 변환시킨다. 이 때, Rule 2에서 선택된 수준에 따른 프로세스에 대한 MGBB 구성요소 선택은 <Table 7>을 이용한다.
- Rule 4:** 변환된 페트리넷의 마지막 프로세스를 나타내는 빌딩블록의 플레이스와 첫 프로세스를 나타내는 빌딩블록의 트랜지션 사이에 엔딩마크를 추가하여 페트리넷 모델을 완성시킨다.
- Rule 5:** exCPM 모델의 프로세스가 상태토큰을 가진 경우, 대응되는 빌딩블록의 가장 처음 나타나는 모든 플레이스에 상태토큰을 위치시킨다.

exCPM 모델을 페트리넷 모델로 변환 할 때, 선택되는 변환 수준에 따라 플레이스의 개수가 다르므로 모델 변환 시 일관성을 유지할 필요가 있다. <Figure 5>에서 부서 수준(Depart-

ment Level)에서 세 가지 타입에 따라 상태토큰이 입력되는 예를 보여준다.

Table 7. MGBB selection rules for transformation

	Level	Company	Department	Individual
Process				
Normal process		[P0]		
Intra-collaboration process		[P0]	[P1]	[P2]
Inter-collaboration process		[P1]	[P2]	[P3]

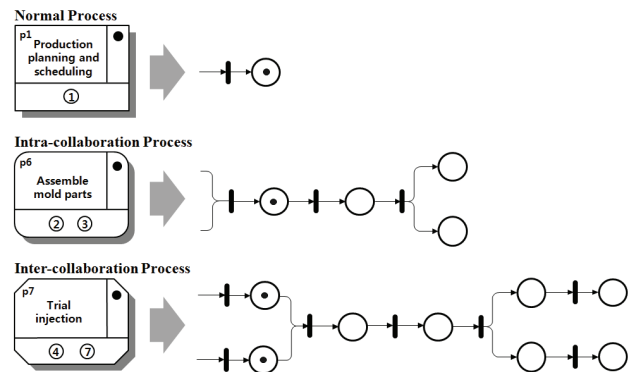


Figure 5. Exemplary deployment of Rule 5

본 논문에서 정의한 변환 룰과 MGBB를 이용하여 <Figure 3>의 exCPM 모델을 기업 수준과 부서 수준에서 페트리넷 모델로 변환한 결과는 각각 <Figure 6>, <Figure 7>과 같다.



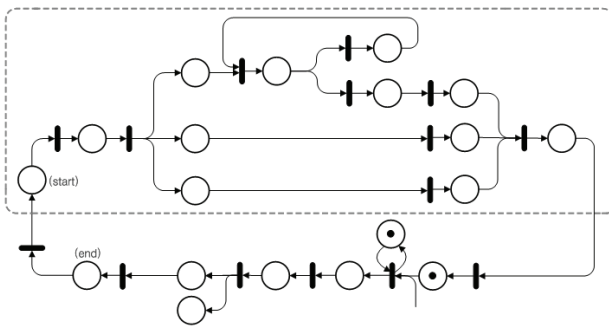


Figure 6. Company-level Petri-Nets model

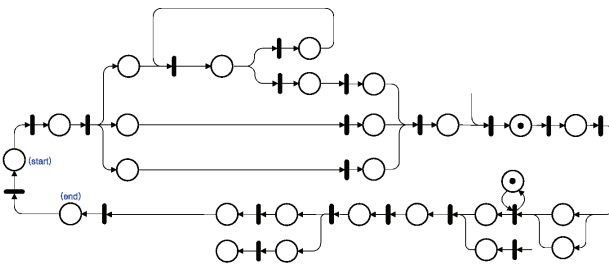


Figure 7. Department-level Petri-Nets model

exCPM 모델에 대한 직접적인 검증이 어려움으로 페트리넷으로 변환된 모델을 검증함으로써 간접적으로 exCPM 모델의 검증을 수행할 수 있다. 본 연구에서는 Reachability Tree를 이용하여 페트리넷 모델을 분석하였다. Reachability 분석은 동시 발생적이고, 무한개의 상태로 분배되는 시스템을 분석할 수 있는 강력한 정규화된 방법론이다(Yoo *et al.*, 2010). 본 논문에서는 검증의 간소화를 위해 <Figure 6>에서 점선으로 표시된 부분만을 분석하였으며, 분석 결과 구성된 Reachability Tree는 <Figure 8>과 같다. Reachability Tree를 전개하는 과정에서 상태(State)의 변이가 같은 반복 구간이 발생하는 것을 볼 수 있다. 가령, <Figure 8>에서 점선으로 표시된 부분의  $M_{14}$ 는  $M_{14}=(000101000010)$ 와 같은 상태를 나타내며 이후 변화할 수 있는 상태 또한 같으므로 이후 상태는 생략하였다. Tree 분석 결과 변환된 페트리넷 모델에서의 모든 상태에서 Deadlock의 발생 없이 프로세스가 수행되는 것과 모든 상태는 결국 하나의 상태( $M_{24}$ )로 귀결되는 것을 볼 수 있다. 이는 <Figure 6>의 페트리넷 모델이 결국 초기 상태로 돌아갈 수 있으므로 변환된 페트리넷 모델은 Reversible 하다고 할 수 있으며, 이로부터 변환된

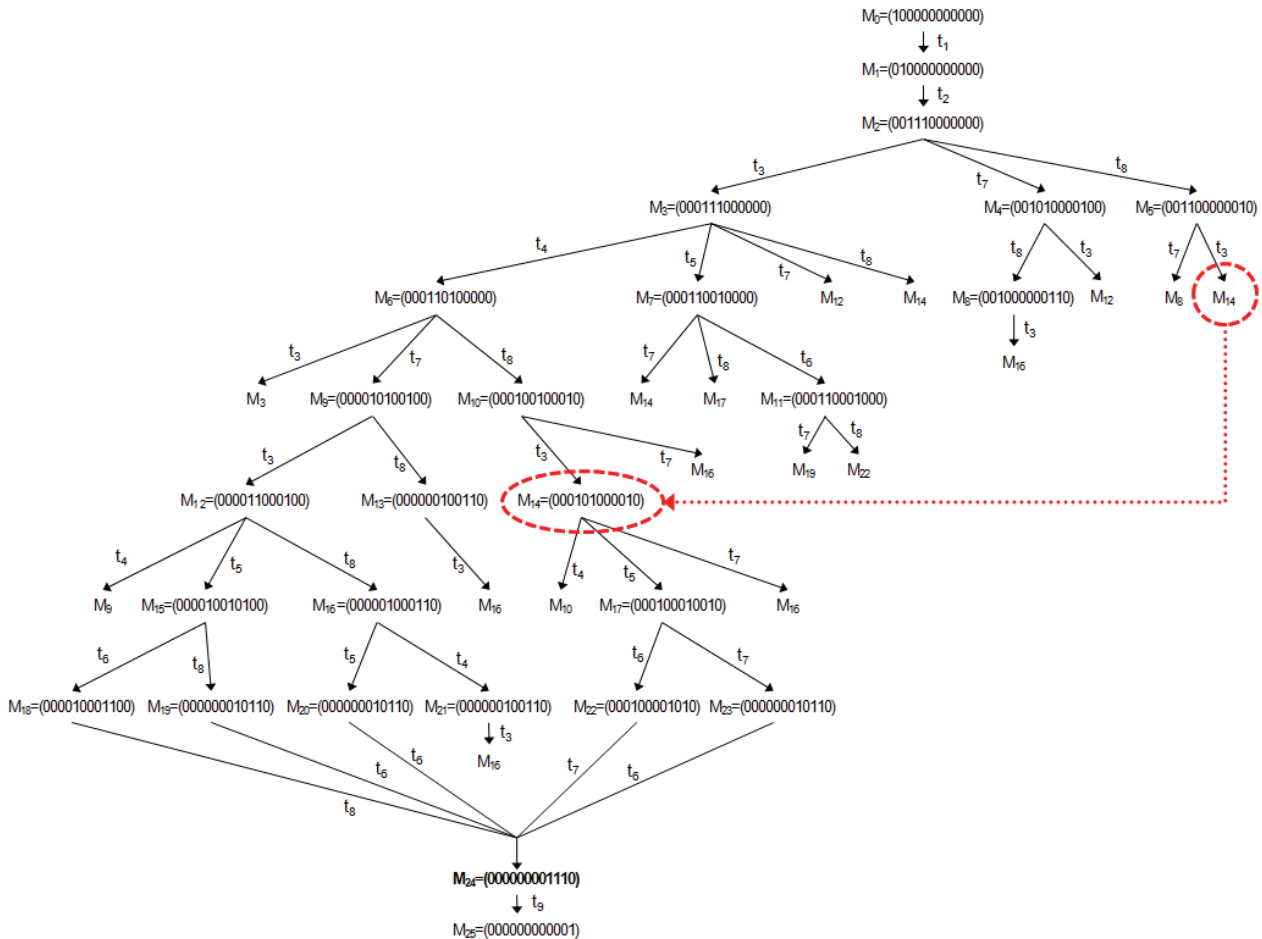


Figure 8. The reachability tree of the Petri-Nets model

모델은 일관성(Consistency)이 있다고 할 수 있다. 이러한 분석 결과는 곧 exCPM 모델이 원활히 수립되었다는 것을 검증한다고 볼 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

IT의 확산과 더불어 협업이 더욱더 활성화 되면서 다수의 수행 주체를 표현 할 수 있는 협업프로세스 모델링 방법론의 필요성이 증가하였다. 그러나 기존의 프로세스 모델링 기법들은 협업을 표현하는데 있어서 한계가 존재하여 많은 연구자들은 기존의 방법을 보완하는 새로운 모델링 방법론을 제시하였으며, 협업을 명확히 파악하고 이를 모델링하기 위한 방법으로 CPM이 제안된 바 있다. 이전의 프로세스 모델링 방법론과 CPM의 장·단점을 비교 분석하여 협업프로세스 모델링에 필요한 특성을 도출하였으며, 이러한 특성을 모두 반영하여 CPM을 확장시킨 exCPM 방법론을 새롭게 제안하였다. exCPM은 IDEF0의 ICOM 요소를 접목시켜 기능적인 활동정보를 표현할 수 있으며, 킬리토큰을 통해 다양한 협업 주체들을 표현하여 직관적으로 파악하기 쉽고, 상태토큰을 적용하여 동적인 표현이 가능하다는 특성이 있다. 또한 변환 룰에 따라 페트리넷 모델로의 변환이 가능하며, 본 연구에서는 변환된 페트리넷 모델에 대한 Reachability 트리 분석을 통해 검증이 가능함을 보였다. 결과적으로, exCPM 방법론을 활용함으로써 수행 주체간 협업프로세스를 좀 더 명확하게 표현하고 효과적으로 검증할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 다른 모델링 방법과 마찬가지로 exCPM의 한 모델에 정의되는 협업 프로세스가 많아질 경우 모델에 대한 판독성은 떨어질 수 있다. 또한, exCPM은 3가지(기업, 부서, 개인) 프로세스 수준만으로 정의되어 있어 계층적인 표현에 다소 제한적일 수 있다. 현재 exCPM에 대한 전문 모델링 소프트웨어가 구현되지 못한 상태이므로 실제 소프트웨어 구현시 예상치 못한 문제가 발생할 가능성이 있으므로 이러한 단점에 대한 보완 연구 및 실질적인 소프트웨어 개발이 향후 수행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- Baresi, L. (2001), Improving UML with Petri nets, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 44(4), 1-13.
- Booch, G., Rumbaugh, J., and Jacobson, I. (1999), *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley.
- Han, K. (2004), A Workflow Analysis Using the Transformation of an UML Activity Diagram into a Petri Net, *IE Interfaces*, 17(2), 200-207.
- Kim, C., Weston, R. H., Hodgson, A., and Lee, K. (2003), The complementary use of IDEF and UML modelling approaches, *Computers in Industry*, 50(1), 35-56.
- Kim, H., Lee, Y., Oh, H., and Yun, J. (2005), Standardization of Modeling Notation and Query Language for Business Management, Gyeonggi Daejin Technopark/National Information Society Agency.
- Kristensen, L. M., Christensen, S., and Jensen, K. (1998), The Practitioner's Guide to Coloured Petri Nets, *Int. Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 2, Springer Verlag, 98-132.
- Mayer, R. J., Menzel, C. P., Painter, M. K., deWitte, P. S., Blinn, T., and Perakath, B. (1995), Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 process description capture method report, Knowledge Based Systems Inc.
- Mayer, R. J., Painter, M. K., and deWitte, P. S. (1993), IDEF family of methods for concurrent engineering and business re-engineering applications, KBSI Technical Report.
- OMG (2003), Unified Modeling language (UML) Version 1.5, <http://www.uml.org>.
- Petri, C. A. (1962), Communication with Automata, Bonn Institut fuer Instrumentelle Mathematik, Schriften des IIM Nr. 2.
- Pooley, R. and Stevens, P. (1999), Using UML Software Engineering with Objects and Components, Addison-Wesley.
- Quatrani, T. (1998), Visual Modeling with Rational Rose and UML, Addison-Wesley.
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., and Booch, G. (1999), *The Unified Modeling Language Reference Manual*, Addison-Wesley.
- Ryu, K. and Yucesan, E. (2007), A collaborative process modeling for cooperative manufacturers, *Advanced Engineering Informatics*, 21(2), 231-239.
- Ryu, K., Son, Y., and Jung, M. (2003), Modeling and Specifications of Dynamic Agents in Fractal Manufacturing Systems, *Computers in Industry*, 52(2), 161-182.
- Santarek, K. and Busief, I. (1998), Modeling and design of flexible manufacturing systems using SADT and Petri nets tools, *Journal of Materials Processing Technology*, 76(1-3), 212-218.
- Scheer, A. W. (1994), ARIS-Navigator for Reference Models for Industrial Enterprises, Business Process Engineering, Springer, Berlin.
- Thompson, B. S. (2007), Creative Engineering Design(1), Pearson Education Korea, Seoul, Korea.
- van der Aalst, W. M. P. (1999), Formalization and verification of event-driven process chains, *Information and Software Technology*, 41(10), 639-650.
- Yim, D., Kim, C., Woo, H., and Kim, J. (1998), Integration of Business Process Modeling Methodologies : IDEF0, IDEF3, and Petri Net, *The Journal of Korean Institute of CALS/EC*, 3(2), 141-160.
- Yoo, T., Jeong, B., and Cho, H. (2010), A Petri Nets based functional validation for services composition, *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3768-3776.