

# UML 활동 다이어그램의 페트리넷 변환을 통한 워크플로 분석

한 관 회<sup>†</sup>

경상대학교 산업시스템공학부 · 공학연구원

## A Workflow Analysis Using the Transformation of an UML Activity Diagram into a Petri Net

Kwan-Hee Han

Department of Industrial & Systems Engineering, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701

Because the designed workflow may contain potential errors which may result in deadlocks, livelocks and so on, it is important to analyze the correctness of a workflow definition before it is put into the run time environment. Proposed in this paper is a transformation procedure of an UML activity diagram into a Petri net for the analysis of a workflow. By combining the strengths of easy-to-use functionality of an activity diagram and the analysis power of a Petri net, workflow analysts in the enterprise can model and analyze various kinds of workflow definition more easily and accurately.

**Keywords:** workflow analysis, UML activity diagram, Petri net, reachability tree, business processes

### 1. 서론

최근의 급속한 기업 환경의 변화를 요약하면 공급자에서 고객으로의 힘의 이동, 국경을 초월한 기업 간의 경쟁, 기술과 시장의 급격한 변화로 특징지어질 수 있으며(Hammer and Champy, 1993), 각 기업들은 이러한 환경에서 생존하기 위해 '비용중심'에서 '시간중심'으로, '제품중심'에서 '고객중심'으로, '규모중심'에서 '민첩성중심'으로 기업 구조를 변화시키려 노력하고 있다. 특히, 최근 들어 기업의 경쟁력 확보를 위한 프로세스 혁신이나 BPR(Business Process Reengineering)의 구현을 성공적으로 수행하기 위해 많은 기업에서 워크플로 관리 시스템의 도입이 확산되고 있는 추세인데 워크플로란 "전체적인 조직의 목표를 달성하기 위해 정해진 규칙들에 의거하여 참여자들 사이의 정보 및 업무가 전달되는 절차와 과정들을 자동화하는 것(OMG, 2000)"이라고 정의되고 워크플로 관리 시스템은 "소프트웨어

를 이용하여 컴퓨터로 표현된 업무 규칙에 의해 실행 순서가 제어되는 업무 흐름을 정의하고 관리 및 실행하는 시스템(Hollingsworth, 1995)"이라고 정의되어, 용어 자체에 이미 프로세스 자동화의 개념이 내포되어 있어서 Hammer and Champy (1993)에서는 워크플로 관리 시스템을 BPR 성공을 위한 핵심 정보 기술이라고 평가하고 있다.

기업 내에서 워크플로 관리 시스템이 성공적으로 운영되기 위해서는 대상 업무에 대한 정확한 워크플로가 정의되어 있어야 하는데 오류가 있는 워크플로의 실행은 고객 만족도 저하, 처리 시간 및 비용 증가 등의 악영향을 끼치게 되므로 사전에 워크플로 정의에 대한 잠재적 오류 가능성을 분석해야 할 필요성이 점차적으로 증가하고 있다. 워크플로 분석은 크게 프로세스의 교차이나 연속적 실행 등과 같은 구조적 모순과 관련된 정성적 분석과 평균 완료 시간, 가동률 등 정의된 프로세스의 수행도 평가와 관련된 정량적 분석으로 나눌 수 있는데

<sup>†</sup>연락처 : 한관회 교수, 660-701 경남 진주시 가좌동 900번지 경상대학교 산업시스템공학부, Fax : 055-762-6599,

E-mail : hankh@nongae.gsnu.ac.kr

2004년 2월 20일 접수, 1회 수정 후 2004년 4월 13일 게재 확정.

정성적 분석의 대표적인 방법으로는 페트리넷을 들 수 있고 정량적 분석 방법으로는 대기행렬 이론이나 시물레이션 방법을 들 수 있다(van der Aalst and van Hee, 2002). 특히, 페트리넷은 수학적 형식론에 기반하여 시스템의 행위를 수학적으로 기술할 수 있기 때문에 정성적 워크플로 분석을 위한 강력한 방법으로 널리 사용되고 있다(Adam *et al.*, 1998; van der Aalst, 1999; van der Aalst and ter Hofstede, 2000; Salimifard and Wright, 2001).

워크플로를 분석하기 위해서는 우선 대상 업무의 동적인 구조를 정확히 표현하는 워크플로 모델이 작성되어야 하는데 지금까지 워크플로를 모델링하는 데 주로 사용된 도구로는 IDEF3(ICAM Definition3)(Mayer *et al.*, 1995), ARIS EPC(Event driven Process Chain)(Scheer, 1999), 페트리넷(van der Aalst, 1998) 등을 들 수 있으며 최근에는 객체지향 기술의 발달에 따라 정보 시스템 개발에 있어 객체지향 모델링 표준인 UML(Unified Modeling Language)이 광범위하게 사용되는 추세인데 Marshall (2000)과 Eriksson and Penker(2000)에서는 UML이 표현력의 풍부함과 사용자 편의성 및 정보 시스템과의 통합성 등의 특성으로 인해 정보 시스템 개발에서뿐만 아니라 기업 프로세스 모델링에도 적합하다는 것을 보였다. UML 중에서 특히 활동 다이어그램은 기업 활동의 동적 흐름 표현, 이벤트 표현, 객체지향 표준 준수 및 사용자 편의성이라는 측면과 <그림 1>과 같이 WfMC (Workflow Management Coalition)에서 제시한 순차, 병합, 분기, 반복, 병렬 경로 등 다양한 워크플로 경로 유형(WfMC, 1999) 들을 표현할 수 있다는 측면에서 워크플로 모델링에 적합한 방법으로 인식되어 활발히 사용되는 추세이나 단점으로는 분석 능력 부족이 지적되고 있다. 반면에 페트리넷은 분석 능력이 뛰어나나 모델링 구성 요소의 수가 작아 모델링이 상대적으로 어렵고 모델링 결과를 직관적으로 이해하기 어렵다는 단점을 가지고 있다.

| 경로 유형                   | WfMC          | UML 활동 다이어그램 |
|-------------------------|---------------|--------------|
| 순차 (Sequential Routing) |               |              |
| 병합 (Join)               | AND Join<br>  |              |
|                         | OR Join<br>   |              |
| 분기 (Split)              | AND Split<br> |              |
|                         | OR Split<br>  |              |
| 반복 (Iteration)          |               |              |
| 병렬 (Parallel Routing)   |               |              |

그림 1. WfMC 경로 유형의 활동 다이어그램 표현.

이와 같이 워크플로의 모델링과 분석에 있어 활동 다이어그램과 페트리넷은 각각 장·단점을 가지고 있으므로 활동 다이어그램의 표준 준수 및 손쉬운 모델링 능력과 페트리넷의 강력한 분석 기능을 결합하면 보다 손쉽고 정확한 워크플로 모델링과 분석이 이루어질 수 있다고 판단된다. 최근의 연구를 살펴보면 워크플로 모델링을 위해 활동 다이어그램의 장·단점을 분석하고 이를 보완하려는 연구(Hruby, 1998; Wirtz *et al.*, 2000; Dumas and ter Hofstede, 2001; Bastos and Ruiz, 2002)와 페트리넷을 이용한 워크플로 모델링 및 분석에 관한 연구(Adam *et al.*, 1998; van der Aalst, 1998; Liu *et al.*, 2002,)와 같이 각 방법의 적용 및 개선에 관한 연구들이 발표되었고 Bosilj-Vuksic *et al.* (2000)에서는 IDEF 모델링 방법과 페트리넷 방법과의 비교 분석에 관한 연구가 발표되었다.

활동 다이어그램의 페트리넷 변환에 관한 연구로는 Lopez-Grao *et al.*(2004)에서 소프트웨어의 성능 평가 시물레이션을 위해 소프트웨어를 활동 다이어그램으로 모델링하고 이를 고수준 페트리넷인 GSPN(Generalized Stochastic Petri Net)의 일종인 LGSPN(Labeled Generalized Stochastic Petri Net)(Donatelli and Franceschinis, 1996)으로 변환하는 절차를 제시하였는데, 모델링을 위해 표준 활동 다이어그램을 UML 프로파일 기능을 이용해 확장하였고 모델링 요소 측면에서는 구획선(Swimlane), 객체 및 객체 흐름을 변환 대상에서 제외하였다는 측면에서 일반적인 워크플로 분석을 위한 변환 방법으로는 한계를 가지고 있다. Eshusi and Wieringa(2003)에서는 UML 활동 다이어그램이 원래 워크플로 모델링 용도로 만들어지지 않았음을 지적한 후, 정확한 워크플로 모델링을 위해서 필요한 시맨틱스(Semantics)를 제안하고 이를 페트리넷 시맨틱스와 비교하였으나 활동 다이어그램 구성 요소 중 구획선, 객체 및 객체 흐름을 고려하지 않았고 페트리넷과의 비교에 있어서는 워크플로 모델로서 바람직한 성질만을 대상으로 상호 비교가 이루어지고 모델링 요소 단위에서의 비교 분석 결과는 제시되지 않았다.

본 연구에서는 워크플로의 모델링 및 정성적 분석을 손쉽고 정확하게 하기 위해 UML 활동 다이어그램의 직관적인 모델링과 페트리넷의 분석 능력을 결합하는 표준 활동 다이어그램의 고전적 페트리넷으로의 변환 방법을 제안하고 변환된 페트리넷을 이용한 분석 결과를 보임으로써 변환 방법의 유용성을 제시하고자 한다.

## 2. UML 활동 다이어그램의 페트리넷 변환

UML 활동 다이어그램(OMG, 2003)은 총 12개의 요소로 구성되어 있고 페트리넷은 4개의 요소(플레이스, 트랜지션, 아크, 토큰)로 구성되어 있어서 이를 1대1로 매핑한다는 것은 불가능하다. 그러므로 페트리넷 단위 요소들의 조합으로 특징적인 행위를 수행하는 복수 개의 블록을 만들어 이를 활동 다이어그램의 각 단위 요소의 성격에 따라 매핑시키기로 한다. 하나

의 페트리넷 블록은 <그림 2>와 같이 ① 다른 블록과의 구분을 나타내는 경계와, ② 블록 사이의 워크플로 흐름을 연결하는 입력 포트, ③ 출력 포트 및 ④ 업무 로직 및 흐름을 표현하는 페트리넷 부분으로 구성된다. 블록을 구성하는 경계와 입·출력 포트는 페트리넷의 구조와 속성에 영향을 주지 않는다.

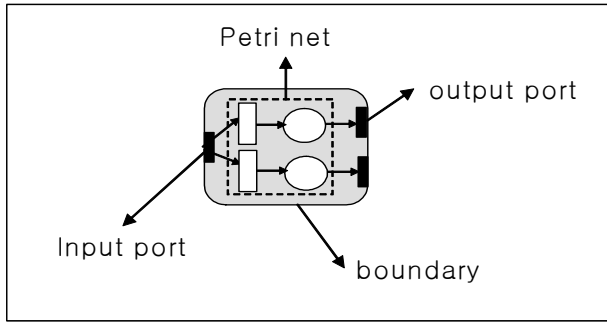


그림 2. 페트리넷 빌딩 블록 구성.

활동 다이어그램의 구성 요소들을 그 성격에 따라 구분해 보면, 1) 워크플로에서의 실제 단위 업무를 나타내는 동적 활동 요소(action state, signal receipt, signal sending)와 2) 동적 활동 요소를 지원하는 정적 활동 요소(start point, end point, object)와 3) 업무 흐름을 표현하는 흐름 요소(transition, object flow)와 4) 업무 흐름 중의 경로를 제어하는 경로 제어 요소(decision, sync state) 및 5) 기타 요소(swimlane, sub-activity state)로 구분할 수 있다. 동적 활동 요소는 하나의 입력 포트와 두 개의 출력 포트를 갖는 블록으로 표현되는데 두 개의 출력 포트 중 하나는 워크플로 흐름을 위한 것이고 다른 하나는 활동을 담당하는 필요 자원을 명시적으로 표현할 필요가 있을 때 자원 가용도 토큰의 흐름을 표현하기 위한 것으로 구체적으로는 활동 다이어그램 구성 요소의 하나인 구획선(swimlane) 모델링에 필요한 자원 가용도 토큰의 흐름을 표현하는 용도로 사용된다.

정적 활동 요소는 하나의 입력 포트와 하나의 출력 포트를 갖는다. 흐름 요소인 트랜지션과 객체 흐름 모두 페트리넷의 아크로 변환된다. 경로 제어 요소는 선택적인 업무 흐름을 지원하는 OR와 병렬 업무 흐름을 지원하는 AND로 구분하고 각각은 다시 분기나 결합이냐에 따라 4가지로 구분하여 별도의 블록으로 표현한다. 기타 요소인 구획선은 단위 업무의 책임이나 자원의 가용도를 나타내는 것으로 페트리넷으로는 하나의 플레이스와 플레이스 내의 토큰으로 표현된다. 여러 개의 활동들을 묶어서 하나의 단위로 표현하는 부활동(sub-activity state)을 고전적 페트리넷으로 표현할 수는 없으므로 부활동을 표현하는 심벌을 도입하여 페트리넷을 확장한다. 확장된 부활동 심벌은 페트리넷 구조 자체에는 영향을 미치지 않으므로 페트리넷 확장에 따르는 변경 사항은 없다. 이를 정리하여 매핑 관계를 표현하면 <그림 3>과 같다.

<그림 3>의 매핑 관계를 이용하여 활동 다이어그램으로 모델링된 다양한 워크플로들을 페트리넷으로 변환할 수 있다는

| Symbol name       | Symbol | Type      | Petri net Building block |
|-------------------|--------|-----------|--------------------------|
| Action state      |        |           |                          |
| transition        |        |           |                          |
| Start point       |        |           |                          |
| End point         |        |           |                          |
| decision          |        | OR-split  |                          |
|                   |        | OR-join   |                          |
| Sync states       |        | AND-split |                          |
|                   |        | AND-join  |                          |
| swimlane          |        |           |                          |
| object            |        |           |                          |
| Object flow       |        |           |                          |
| Subactivity state |        |           |                          |
| Signal receipt    |        |           |                          |
| Signal Sending    |        |           |                          |

그림 3. 활동 다이어그램 구성 요소의 페트리넷 변환.

점을 보이기 위해 4개의 예제를 제시한다. 첫째, <표 1>은 van der Aalst(1999)의 고객 불만 처리 워크플로 시나리오를 재구성한 것으로, 이를 활동 다이어그램으로 표현하면 <그림 4>와 같다. 이 예제는 AND 분기 및 결합과 OR 분기 및 결합 등 다양한 경로 유형을 표현하고 있으며 <표 1>의 시나리오를 기반으로 직접 페트리넷으로 도출한 결과는 <그림 5>와 같다. <그림 5>에서는 10개의 단위 활동을 트랜지션으로 표현하고 있으며 워크플로 경로 제어를 위해 5개의 트랜지션(회색)이 추가로 필요로 함을 알 수 있다. <그림 6>은 <그림 4>의 활동 다이어그램으로 표현된 워크플로 시나리오를 본 연구에서 제안한 변환 방법을 이용하여 페트리넷으로 변환한 결과를 보이고 있는데 10개의 기본 활동과 10개의 경로 제어 블록(회색)이 사용되므로 직접 도출한 결과에 비해 많은 수의 트랜지션과 플레이스를 필요로 한다. 동일한 워크플로를 표현하는 두 페트리넷의 워크플로 시작 전 초기 상태는 서로 동일하므로 도달성 트리(reachability tree) 분석(3장에서 상세 설명)의 결과 종료 노드들이 가지고 있는 토큰의 분포가 동일한 상태를 표현

한다면 두 모델의 구조는 동일함을 알 수 있다. 예제1의 예에서는 두 페트리넷 모델(<그림 5>, <그림 6>) 모두 3개의 종료 노드가 발생하는데 <그림 5>의 각 종료 노드들이 나타내는 상태에 대해 그에 대응하는 <그림 6>의 종료 노드들이 1대1

로 존재한다. 즉, <그림 5>에서 3개의 종료 노드 중의 하나를 예로 들면(p7, p9)=(1,1)이고 나머지 플레이스는 모두 0인 상태를 나타내는 종료 노드가 존재하는데 이에 대응하는 <그림 6>에서의 종료 노드는(p11, p17)=(1, 1)이고 나머지 플레이스

표 1. 고객 불만 처리 워크플로 시나리오

- 고객으로부터 불만 사항이 발생하면(start) 이를 등록한 후(register), 고객에게 질문서를 보내고(send form) 병렬적으로 불만 사항을 평가한다(evaluate).
- 고객에게 발송된 질문서는 회수되어 분석하거나(analyze form) 혹은 일정 기일 내에 회수되지 않으면 타임아웃 처리하여 분석을 하지 않는다(time out).
- 불만 사항 평가 결과 불만 사항에 대한 처리가 이루어질 수도 있고(process complaint) 경미한 경우에는 처리 없이 기록 정리 후 종료될 수도 있다.
- 불만사항이 처리되려면 불만 사항에 대한 평가와 고객의 질문서 분석이 선행되어야 한다.
- 처리된 불만 사항에 대한 진행 상황을 체크하여(check process) 불완전하면 (재)처리 작업을 하고 아니면 업무 종료를 위해 기록 정리를 대기한다.
- 기록 정리(archive)는 고객 질문서 분석 결과(분석 혹은 타임아웃)가 완료되고 불만 사항 평가 결과나 혹은 진행 상황 체크 결과가 완료된 후에 작업 가능하다.
- 기록 정리 후 고객 불만 사항 처리 업무가 정상 종료된다(end).

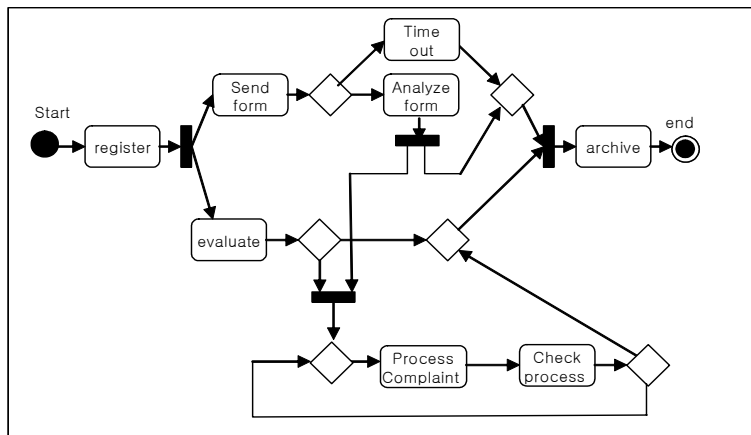


그림 4. 예제 1-고객 불만 처리 워크플로.

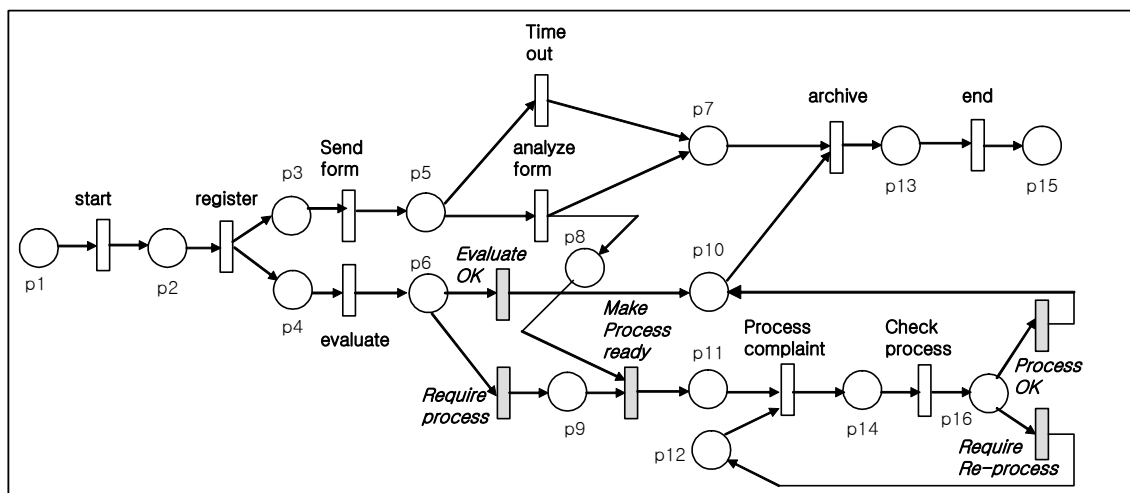


그림 5. <표 1>에서 직접 도출된 페트리넷.

는 모두 0인 상태를 나타내며, 두 종료 노드 모두 “time out” 상황이 발생하여 “process complaint” 활동의 전제 조건인 “analyze form” 활동을 수행할 수 없기 때문에 워크플로가 더 이상 진행할 수 없는 교착 상태에 빠지게 됨을 표현하고 있다.

둘째, <그림 7>은 OMG(2003)의 주문처리 워크플로를 활동 다이어그램으로 나타낸 것으로, 고객 주문~제품 수령까지의 워크플로를 유통되는 객체 중심으로 표현하고 있어서 객체 자체와 객체의 흐름 및 각 활동들의 책임을 구분하는 구획선을 특징으로 하고 있는데 이를 페트리넷으로 변환하면 <그림 8>과 같이 구획선은 각 활동의 책임 주체를 나타내므로 플레이스 내의 토큰(customer, sales, stockroom)으로 표현되고 객체는 하나의 입력 포트와 하나의 출력 포트를 갖는 정적 활동 요소 블록으로 표현되며 객체 흐름은 업무 흐름과 동일하게 아크로 변환된다.

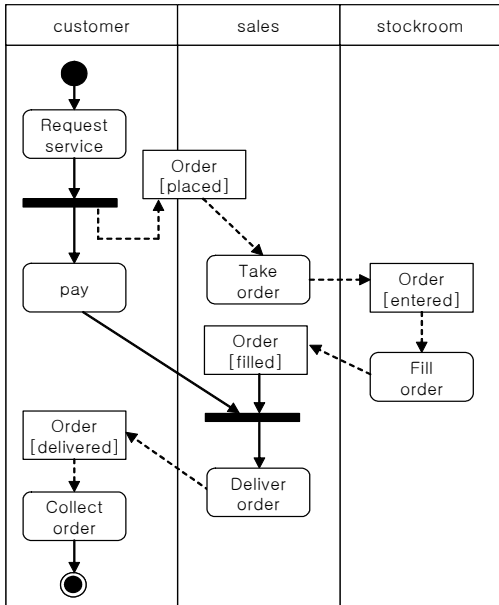


그림 7. 예제 2-주문 처리 워크플로.

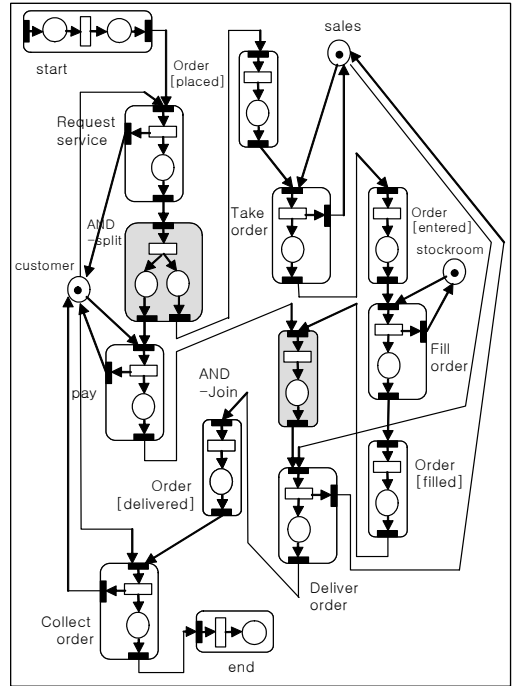


그림 8. 예제 2의 페트리넷 변환.

셋째, <그림 9>은 Eriksson & Penker(2000; p41)의 고객 입장에서의 주문처리 워크플로를 나타낸 것으로, 견적 요청 후 물품 인도와 송장을 받고 지불을 하는 전체 과정을 고객과 공급자와의 신호 송신 및 수신을 중심으로 표현하고 있으며, 이를 페트리넷으로 변환하면 <그림 10>과 같이 단위 활동과 신호 송·수신 모두 하나의 입력 포트와 두 개의 출력 포트를 갖는 동적 활동 요소 블록으로 변환된다.

마지막으로 <그림 11>은 van der Aalst & van Hee(2002; p47)의 장비 고장 처리 워크플로를 활동 다이어그램으로 표현한 것으로, 장비 고장 처리 요청이 들어오면 우선 고장 원인을 분류하여(categorize) 수리를 하거나(repair) 경미한 고장은 수리없

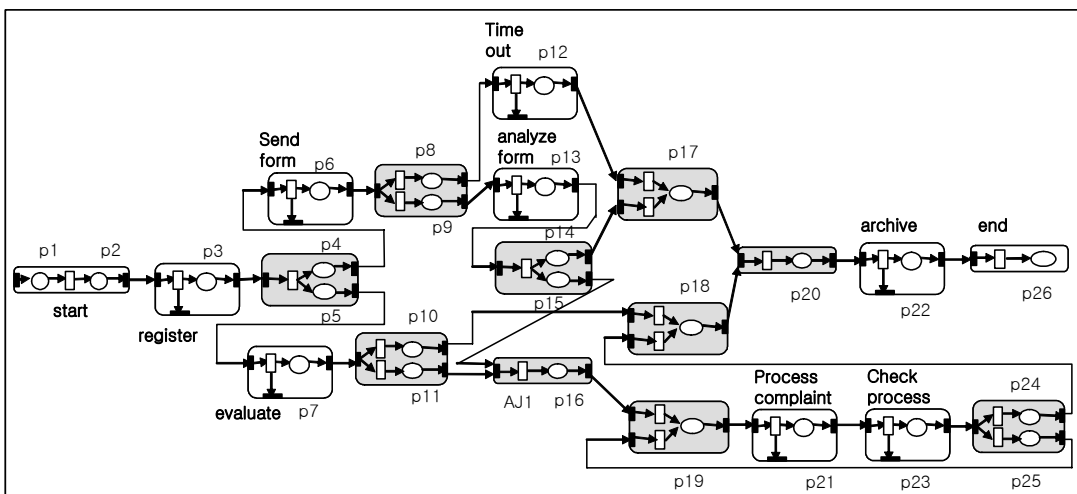


그림 6. 예제 2를 제안한 변환 방법에 의해 산출한 페트리넷.

이 종료된다. 수리가 필요한 고장은 수리 후 검사를 거쳐(test) 검사 결과가 합격이면 종료 처리하고 불합격이면 고장 원인 부위를 완전히 교체하여(replace) 종료하거나 (재)수리한다. 이 모델에서 '수리' 활동은 부활동으로 표현되었는데, 이 부활동 내에는 다시 고장 원인을 추적하고(trace) 일부 파트를 교환하는(change) 2개의 단위 활동을 포함한다. <그림 12>는 고장 처

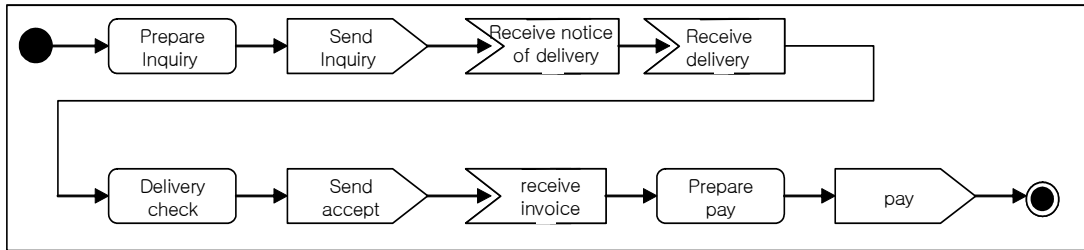


그림 9. 예제 3- 고객 입장에서의 주문 처리 워크플로.

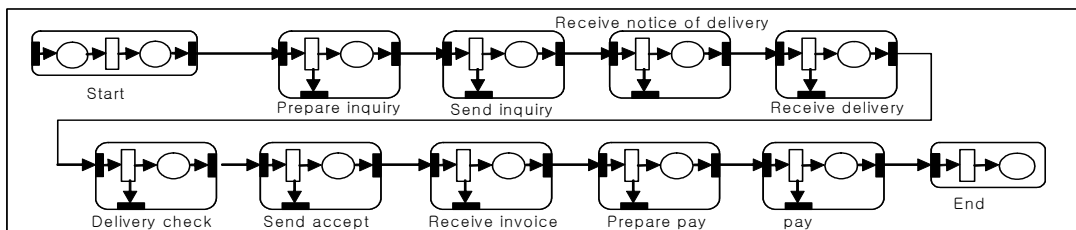


그림 10. 예제 3의 페트리넷 변환.

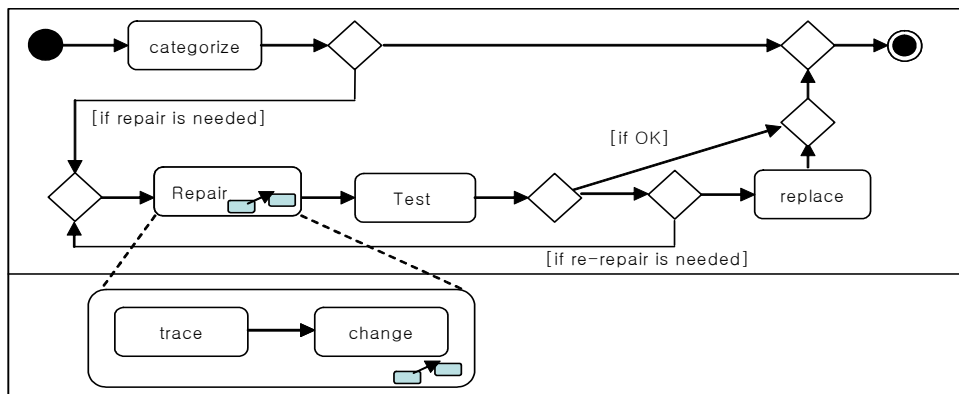


그림 11. 예제 4 고장 처리 워크플로.

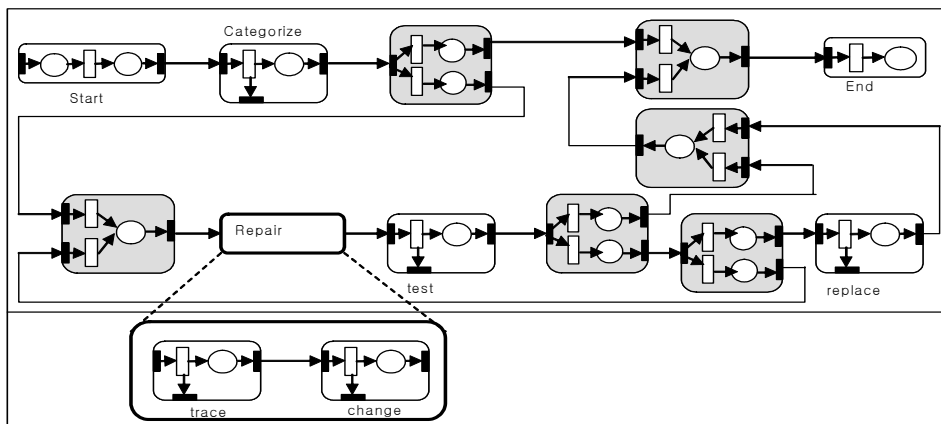


그림 12. 예제 4의 페트리넷 변환.





- Bastos, R. M. and Ruiz, D. D. A.(2002), Extending UML Activity Diagram for Workflow Modeling in Production Systems, *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Science(HICSS - 35)*, Big Island, Hawaii.
- Bosilj-Vuksic, V., Giaglis, G.M. and Hlupic, V.(2000), IDEF Diagrams and Petri Nets for Business Process Modeling: Suitability, Efficacy and Complementary Use, *Proceedings of the International Conference on Enterprise Information Systems(ICEIS 2000)*, 242-247, Stafford, UK.
- Donatelli, S. and Franceschinis, G.(1996), PSR Methodology: Integrating Hardware and Software Models, *Proceedings of Application and Theory of Petri Nets, Lecture Notes in Computer Science 1091*, 133-152, Springer, Berlin.
- Dumas, M. and ter Hofstede, A. H. T.(2001), UML Activity Diagram as a Workflow Specification Language, *Proceedings of the International Conference on the Unified Modeling Language(UML)*, Toronto, Canada.
- Eriksson, H.-E. and Penker, M.(2000), *Business Modeling with UML*, John Wiley and Sons, New York.
- Eshuis, R. and Wieringa, R.(2003), Comparing Petri Net and Activity Diagram Variants for Workflow Modeling - A Quest for Reactive Petri Nets, *Petri Net Technology for Communication Based Systems, Lecture Notes in Computer Science 2472*, 321-351, Springer, Berlin.
- Hammer, M. and Champy, J.(1993), *Reengineering the Corporation: a Manifesto for Business Revolution*, Harper Business, New York.
- Hollingsworth, D.(1995), The Workflow Reference Model Version 1.1, Document Number TC00-1003, Workflow Management Coalition, Hampshire, UK.
- Hruby, P.(1998), Structuring Specification of Business Systems with UML, *OOPSLA-98 Business Object Workshop Proceedings*, Vancouver, Canada.
- Liu, D., Wang, J., Chan, S. C. F., Sun, J., Zhang, L.(2002), Modeling Workflow Processes with Colored Petri Nets, *Computers in Industry*, 49(3), 267-281.
- Lopez-Grao, J. P., Merseguer, J. and Campos, J.(2004), From UML Activity Diagram to Stochastic Petri Nets: Application to Software Performance Engineering, *Fourth International Workshop Proceedings on Software and Performance(WOSP 2004)*, Redwood City, CA, USA.
- Marshall, C.(2000), *Enterprise Modeling with UML*, Addison Wesley, Reading, MA.
- Mayer, R. J., Menzel, C. P., Painter, M. K., deWitte, P. S., Blinn, T. and Perakath, B.(1995), Information Integration for Concurrent Engineering IDEF3 Process Description Capture Method Report, KBSI Systems Inc., Texas.
- OMG(2000), Workflow Management Facility Specification V1.2, Object Management Group, <http://www.omg.org>.
- OMG(2003), OMG Unified Modeling Language Specification V1.5: Part 10-Activity Diagrams, Object Management Group, <http://www.omg.org>
- Peterson, J L.(1981), *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*, Prentice Hall, Englewood Clifs, NJ.
- Reisig, W.(1985), *Petri Nets: An Introduction*, Springer Verlag, Berlin.
- Salimifard, K., Wright, M.(2001), Petri Net-Based Modeling of Workflow Systems: An Overview, *European Journal of Operations Research*, 134(3), 664-676.
- Sheer, A. -W.(1999), *ARIS Business Process Modeling*, Springer-Verlag, Berlin.
- van der Aalst, W. M. P.(1998), The Application of Petri Nets to Workflow Management, *the Journal of Circuits, Systems and Computers*, 8(1), 21-66.
- van der Aalst, W. M. P.(1999), Woflan: A Petri Net Based Workflow Analyzer, *Systems Analysis, Modeling, Simulation*, 35(3), 345-357.
- van der Aalst, W. M. P., ter Hofstede, A. H. M.(2000), Verification of Workflow Task Structures: A Petri-Net Approach, *Information Systems*, 25(1), 43-69.
- van der Aalst, W. M. P., van Hee, K.(2002), *Workflow Management- Model, Methods, and Systems*, The MIT Press, Massachusetts.
- WfMC(1999), Workflow Management Coalition Terminology & Glossary: Document Number WFMC-TC-1011, Workflow Management Coalition, Hampshire, UK.
- Wirtz, G., Weske, M. and Giese, H.(2000), Extending UML with Workflow Modeling Capabilities, *Lecture Notes in Computer Science 1901*, 30-41, Springer-Verlag, Berlin.



## 한 광 회

아주대학교 산업공학 학사  
 한국과학기술원 산업공학 석사  
 한국과학기술원 자동화 및 설계공학과 박사  
 대우전자, 대우정보시스템 근무  
 현재: 경상대학교 산업시스템공학부 교수  
 관심분야: 워크플로, EAI, PLM/CPC, EA