

워크플로우의 EMFG 모델링

허후숙* 김남혁* 박희광** 여정모***
*부경대학교 교육대학원 전산교육전공
**부경대학교 산업대학원 전산정보학과
***부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
e-mail : husuke@naver.com

The EMFG Modeling for a Workflow

Hu-Suk Heo*, Nam-Hyuk Kim* Hee-Kwang Park** Jeong-Mo Yeo***
*Computer Science Education, Pukyong National University
**Department of Computer and Information, Pukyong National University
***Division of Electronics, Computer and Telecommunication Engineering,
Pukyong National University

요 약

IT 산업의 발달로 조직의 자동화된 업무 흐름인 워크플로우에 대한 관심과 연구가 활발해지고 있다. 본 논문에서는 워크플로우 설계시 자주 사용되는 기본 구조를 개념적 설계와 수학적 해석이 가능한 EMFG(Extended Mark Flow Graph)로 표현하고 이를 이용하여 워크플로우를 모델링한다. 모델링된 EMFG로 도달가능트리틀 구현하여 워크플로우의 수행완료 가능성과 논리적 오류의 존재 여부를 검증한다. 또한 논리적 오류가 발생할 경우에 이를 제거하는 방법을 제안하고 이를 통해 워크플로우의 정형적 설계와 동적 분석을 가능하게 한다.

1. 서론

IT 산업의 급격한 발전과 조직 규모의 방대화로 업무의 형태가 복잡해짐에 따라 워크플로우에 대한 관심이 증가하고 있다. 워크플로우(Workflow)란 조직의 자동화된 업무 흐름을 말하며, 이는 목적을 달성하기 위한 여러 개의 태스크(task)들로 구성된다. 워크플로우 시스템은 기업 내외의 업무들과 관련된 사람들 그리고 정보 및 기타 자원들의 흐름을 자동으로 관리, 지원하고 처리함으로써 이에 따른 비용과 시간을 절감할 수 있게 해준다[1].

워크플로우 모델링 분야는 자료흐름도, 상태 전이도 등 비정형적이며 도형적인 명세모형들이 사용되어 왔으나 이런 도구들은 비형식적이고 정적인 업무의 흐름만 표현할 뿐 워크플로우의 수행가능성이나 데드락(deadlock) 등의 동적 특성들을 분석할 수 없었다[4]. 이러한 단점을 보완하기 위하여 병행성, 비동기적 특성을 갖는 페트리넷(PN : Petri Net)을 이용한 모델링 연구가 진행되었다[2-3]. 그러나 이 방법은 워크플로우 차트나 워크플로우 그래프를 먼저 명세한 후에 다시 PN으로 모델링함으로써 많은 시간과 비용이 요구된다[5-6].

본 논문에서는 개념적 설계와 시각적 표현이 가

능하고 정형적이며 동적 특성을 분석할 수 있는 EMFG(Extended Mark Flow Graph)를 가지고 워크플로우를 설계한다. 이를 이용하여 워크플로우의 수행완료 가능성을 검증하고 완료된 워크플로우에서 논리적 오류가 존재하는지를 검증하여 논리적 오류가 존재한다면 이를 제거하는 방안을 제안한다.

2. EMFG를 이용한 워크플로우 기본 구조의 표현

2.1 EMFG

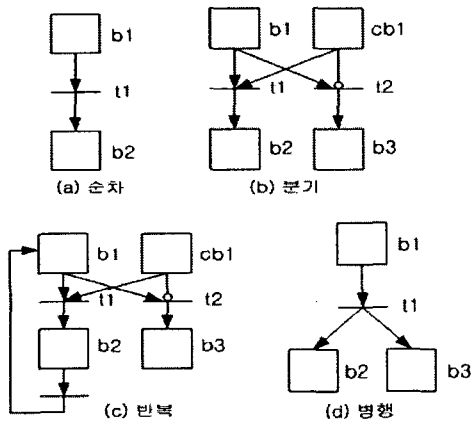
EMFG는 박스(box), 트랜지션(transition), 아크(arc)들로 구성되는 마크를 갖는 방향성 선도로 정의된다. 박스는 상태(개념적인 상태, 제어 상태 등)를 나타내며, 상태의 만족 여부는 박스 내에 마크를 두어 표시한다. 즉 박스의 상태가 만족되면 마크를 두고, 만족되지 않으면 마크를 두지 않는다. 트랜지션은 박스(들)의 상태가 조합되어 박스 자신의 상태가 변화하거나 다른 박스(들)의 상태를 변화시키는 곳, 즉 전이가 일어나는 곳으로 일반 트랜지션과 시간 트랜지션이 있다. 여기서 전이가 일어나는 과정을 트랜지션이 점화(fire)한다고 한다. 아크는 일반아크와 역아크, 조건아크로 구분되며, 박스와 트랜지션 사이에서 트랜지션의 점화 조건을 결정하고, 트랜지

선이 점화될 때 박스의 마크 상태를 결정한다[7-10].

2.2 워크플로우 기본 구조의 EMFG 표현

개념적 설계와 직관적 해석이 용이하고 동적 분석이 가능한 EMFG 이론을 이용하여 워크플로우를 모델링하고자 한다. 워크플로우에서 자주 사용되는 기본적인 구조를 EMFG로 표현하여 설계한다면 더욱 빠르고 쉽게 설계할 수 있으며, 표현된 EMFG도 해석과 분석이 용이할 것이다.

워크플로우를 구성하는 태스크들의 수행은 순차, 분기, 반복, 병행 구조를 가진다. 순차 수행은 하나의 태스크가 완료된 후에 다음 태스크가 수행하는 것을 의미하며, 분기 수행은 주어진 조건에 따라서 서로 다른 태스크가 수행하는 것을 의미한다. 반복 수행은 태스크들의 주어진 횟수만큼 반복적으로 수행하는 것을 의미하며, 병행 수행은 두 개 이상의 태스크를 동시에 수행하는 것을 의미한다. 태스크간의 연결 형태로는 AND와 OR 형태가 있다.

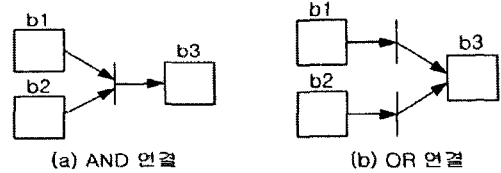


(그림 1) 워크플로우 기본 구조의 EMFG 표현

하나의 태스크는 EMFG의 박스로 표현하고 다음 태스크로 진행되기 위한 조건은 아크로 나타내며 이전 태스크가 완료하고 다음 태스크로 진행하는 것은 트랜지션이 점화(fire)함으로써 가능하다.

(그림 1)은 워크플로우 기본 구조를 EMFG로 표현한 것으로 (a)는 순차 수행을 나타내며 (b)는 cb1 (condition box)이 조건을 나타내는 소스박스(source box)로 조건이 만족되면 마크가 생성되고 조건이 만족되지 않으면 마크가 생성되지 않는다. 즉, cb1의 조건이 만족되면 t1이 점화하고, 조건이 만족되지 않으면 t2가 점화한다. (c)는 cb1의 조건이 만족되면 b1과 b2가 반복 수행되며 조건이 만족되지 않으면

b3을 수행하며 (d)는 b1이 완료되면 b2와 b3이 동시에 수행하게 된다. (그림 2)는 AND와 OR의 연결 형태를 EMFG로 표현한 것이다.



(그림 2) AND와 OR 연결의 EMFG 표현

3. EMFG를 이용한 워크플로우 모델링과 분석

3.1 EMFG를 이용한 워크플로우 모델링

(그림 1)과 (그림 2)의 기본구조를 이용하여 워크플로우를 모델링하고자 한다. 하나의 워크플로우는 하나 이상의 태스크 집합으로 이루어져 있다. 태스크들이 지정된 경로로 수행되고 마지막 태스크가 완료해야 워크플로우가 완료 되었다고 할 수 있다. 따라서 워크플로우의 시작과 완료를 나타내는 박스를 추가하여 워크플로우 상태를 표현하고자 한다.

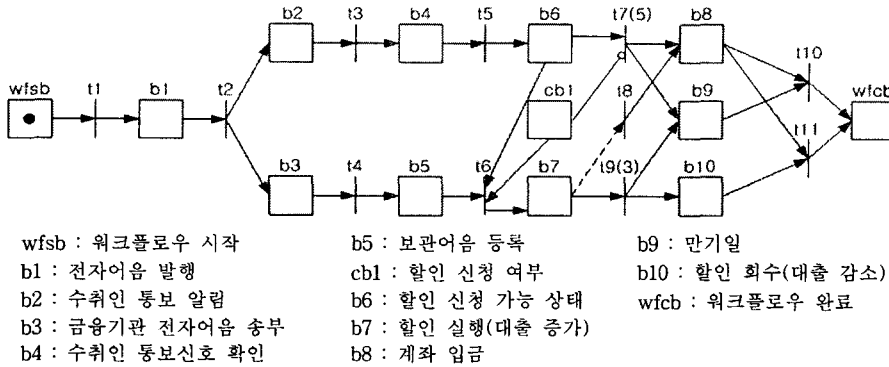
정의 1. 워크플로우를 EMFG로 표현하고자 할 때에는 첫 번째 태스크의 앞에 워크플로우 시작을 나타내는 박스를 추가하여 워크플로우 시작 박스(wfsb : workflow start box)라고 하며, 마지막 태스크의 뒤에 워크플로우 완료를 나타내는 박스를 추가하여 워크플로우 완료 박스(wfcb : workflow commit box)라고 한다. □

예로 전자어음 결제 워크플로우를 EMFG로 모델링하고자 한다. 현재의 어음 결제는 전자어음보다는 실물 어음을 직접 주고받는 오프라인 상에서 대부분 이루어지고 있다. 그러나 전자상거래의 발달로 온라인에서 결제가 이루어지는 전자어음의 거래가 확산되고 있다. (그림 3)은 전자어음 결제 워크플로우를 표현한 EMFG로 업무 흐름은 다음과 같다.

[전자어음 결제 처리 단계]

- A: 전자어음 발행회사 B: 전자어음 수취인
- C: 전자어음 보관과 결제를 담당하는 금융기관

- ① A가 전자어음 발행하면 B에게는 발행 사실을, C에게는 보관어음 발생을 알림.
- ② B는 전자어음 발행 사실을 확인하고 C에게 보관할 것인지 확인할 것인지를 결정함.



(그림 3) 전자어음 결제 워크플로우의 EMFG 모델링

③ C는 보관어음 등록 후 B가 계속 보관한다면 전자어음 만기일에 결제하여 B의 계좌에 입금하고, 할인한다면 할인 실행일에 계좌입금하고 만기일에 할인 회수

(그림 3)에서는 워크플로우의 기본구조를 이용하여 모델링한 것으로 wfsb와 wfcf는 워크플로우 시작과 완료상태를 나타낸다. cb1은 조건 박스로 조건이 만족하면 마크를 생성시키고 그렇지 않으면 마크를 생성시키지 않는다. 여기서는 B가 할인을 신청하면 cb1에 마크가 생성되어 신청일에 B의 계좌로 입금이 되고 만기일에 C는 할인을 회수하고, 신청하지 않으면 마크가 생성되지 않아 만기일에 B의 계좌로 입금이 됨으로써 워크플로우는 완료된다. t7(5)과 t9(3)는 시간 트랜지션으로 t7(5)은 만기일을 나타내며 t9(3)은 (만기일 - 신청일)으로써 신청일에서 만기일까지의 시간을 나타낸다. 여기서는 시간을 월단위로 하였으며 만기일은 5개월 후이고, 신청은 발행일에서 2개월 되는 날에 신청했다고 가정하였다.

3.2 EMFG를 이용한 워크플로우 모델링의 수행완료 가능성 검증과 오류 검증

워크플로우의 목적은 모든 태스크들이 지정된 경로로 수행되어 일련의 업무를 완료하는 것이다. 따라서 수행완료 가능성을 검증하기 위해서 워크플로우의 수행완료 가능성을 정의하고 모델링된 EMFG에서 수행완료 가능성과 이를 검증할 수 있는 방안을 제안한다. 워크플로우 수행완료 가능성을 알기 위해서는 wfcf에 마크가 존재하는지를 검사함으로써 알 수 있다.

정의 2. 워크플로우가 지정된 경로상에 있는 태스

크들의 수행을 통해 완료될 수 있다면 이를 수행완료 가능성이 있다고 한다. □

수행완료 가능성 여부를 검증하기 위해서 EMFG의 동작해석 알고리즘을 적용한 도달가능트리(reachability tree)를 이용한다. 도달가능트리의 단말노드 중 wfcf에 마크가 존재한다면 이 경로는 워크플로우가 수행완료 가능함을 나타내며 wfcf를 제외한 나머지 박스에 마크가 존재한다면 이 경로는 워크플로우가 수행완료가 되지 않는 경우로 완료될 수 없음을 의미한다.

정리 1. 워크플로우를 표현한 EMFG를 가지고 도달 가능한 상태를 표현한 도달가능트리에서 wfsb에 마크가 존재하는 초기 마킹 M_0 에 대해, wfcf에 마크가 존재하는 단말노드 M_c 가 존재하면 이 워크플로우는 수행완료 가능하다. □

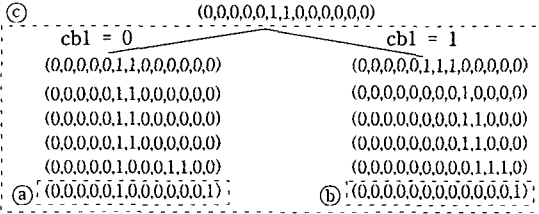
증명 도달가능트리의 단말노드 특성과 박스에 마크가 존재하면 해당 박스의 상태가 만족함을 의미하는 EMFG 특성에 의해 자명하다. □

(그림 3)의 EMFG에 대한 도달가능트리를 (그림 4)과 같이 구현하였다. 먼저 EMFG의 박스 집합 $B = \{wfsb, b1, b2, b3, b4, b5, b6, cb1, b7, b8, b9, b10, wfcf\}$ 에서 wfsb에 마크를 주어 초기 마크 벡터 $M_0 = [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$ 으로 한다. (그림 4)의 ㉠과 ㉡를 보면 wfcf에 마크가 존재하므로 이 워크플로우는 수행완료 가능하다는 것을 알 수 있다. 그러나 ㉠은 wfcf에 마크가 존재하지만 b5에도 마크가 있어 논

리적 오류가 존재한다. 즉, 할인을 신청하지 않아 만기일에 계좌에 입금이 되었는데도 보관어음 등록에 마크가 여전히 남아있다.

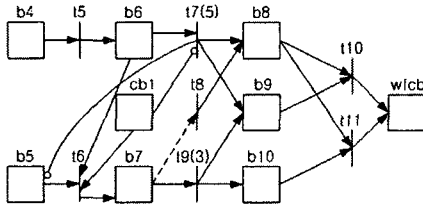
$$B = \{wfsb, b1, b2, b3, b4, b5, b6, cb1, b7, b8, b9, b10, wfc b\}$$

- (1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)
- (0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0)



(그림 4) (그림 3)의 도달가능 트리

이러한 오류를 제거하기 위해서는 할인 신청을 하지 않으면 만기일에 보관어음 등록을 해제하면 되므로 t7(5)에서 b5로 향하는 역아크를 추가하면 된다. (그림 3)의 오류를 제거하면 (그림 5)와 같다. (그림 6)은 (그림 4) ©부분을 오류 제거 후의 상태를 나타낸 것으로 단말노드들을 보면 wfc b에 마크가 존재하고 wfc b를 제외한 어떠한 박스에도 마크가 존재하지 않으므로 이 워크플로우는 수행 완료 가능하며 어떠한 논리적 오류도 존재하지 않는다는 것을 알 수 있다.



(그림 5) 오류가 제거된 EMFG 표현

- cb1 = 0
- (0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1)
- cb1 = 1
- (0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0)
- (0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,0)
- (0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1)

(그림 6) (그림 4) ©부분의 오류제거 후 도달가능 트리

5. 결론

본 논문에서는 업무의 자동화를 의미하는 워크플

로우를 동기나 비동기의 이산제어 시스템을 모델링하고 구현, 분석하는데 적합한 EMFG를 이용하여 모델링하였다. 기본적인 구조를 EMFG로 표현한 뒤에 그것을 이용하여 설계하였고, 모델링된 EMFG에 대해서 EMFG 동작해석 알고리즘을 이용한 도달가능트리를 구현하여 워크플로우의 목적에 도달할 수 있는 수행완료 가능성을 검증하였다. 또한 수행완료 가능하더라도 어떤 논리적 오류가 발생했는지를 검증하고 이를 제거하는 방법을 제안하였다.

본 논문은 EMFG를 이용하여 워크플로우를 설계함으로써 워크플로우의 개념적인 설계와 시각적 표현이 가능해진다. 또한 직관적 해석이 가능하며 마크의 위치를 가지고 현재 워크플로우의 상태를 쉽게 파악할 수 있으며 동적 분석이 가능해진다.

참고문헌

- [1] A. Elmagarmid and W.Du, "Workflow Management : State of the Art vs. State of the Market", Advances in Workflow Managment System and Interoperability, A. Dogac (Ed), NATO, pp.1-17, 1997.
- [2] James. L. Peterson, "Petri net theory and the modeling of system", Prentice-Hall, 1981.
- [3] RENE DAVID and HASSANE, "Petri Nets for Modeling of Dynamic Systems-A Survey", Auomatica, vol.30, No.2, pp.175-202, 1994.
- [4] 김소연, 이강수, "워크플로우 모형화 및 관리시스템", 정보처리 제3권 제5호, pp.18-30, 1996.9.
- [5] 정희택, 이도현, "페트리넷을 이용한 워크플로우 명세의 완료가능성 및 무결성 검증", 한국정보처리 논문지 제7권 제7호, pp.2028-2040, 2000.7.
- [6] 이성호, "페트리넷을 이용한 워크플로우 모델링 도구 개발", 전남대학교 대학원 석사학위논문, 1999. 2.
- [7] 여정모, "마크흐름선도의 확장", 부산대학교 대학원 석사학위 논문, 1982. 2.
- [8] 여정모, 황창선, "확장된 마크흐름선도와 시퀀셜 제어시스템에의 응용", 부산대학교 공과대학 연구보고 Vol. 25, pp.209-219, 1983.6.
- [9] 여정모, "이산제어시스템 설계를 위한 확장된 마크흐름선도의 동작해석", 정보처리논문지 Vol. 5. No. 7, pp.1896-1907, 1998.7.
- [10] 김희정, "EMFG의 개선된 동작해석 알고리즘", 부경대학교 교육대학원 석사학위논문 2002. 8.