

워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘

A Workflow-based Affiliation Network Knowledge Discovery Algorithm

김 광 훈*

Kwanghoon Kim

요 약

본 논문에서는 워크플로우 협력네트워크 지식의 발견 알고리즘을 제안한다. 즉, 워크플로우 인텔리전스 (또는 비즈니스 프로세스 인텔리전스) 기술은 워크플로우 모델들과 그의 실행이력으로부터 일련의 지식을 발견, 분석, 모니터링 및 제어, 그리고 예측하는 세 부기법들로 구성되는데, 본 논문에서는 워크플로우 모델을 구성하는 액티비티들과 그들의 수행자들간의 협력네트워크 지식을 "워크플로우 협력네트워크 지식"라고 정의하고, 그의 발견기법인 정보제어넷(ICN, information control net)기반 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘을 제안한다. 특히, 제안한 알고리즘의 적용 사례를 통해 특정 워크플로우 모델로부터 해당 워크플로우 협력네트워크 지식을 성공적으로 생성할 수 있음을 증명함으로써 본 논문에서 제안한 알고리즘의 정확성 및 적합성을 검증한다.

ABSTRACT

This paper theoretically derives an algorithm to discover a new type of workflow-based knowledge from workflow models, which is termed workflow-based affiliation network knowledge. In general, workflow intelligence (or business process intelligence) technology consists of four types of techniques that discover, analyze, monitor and control, and predict a series of workflow-based knowledge from workflow models and their execution histories. So, this paper proposes a knowledge discovery algorithm which is able to discover workflow-based affiliation networks that represent the association and participation relationships between activities and performers defined in ICN-based workflow models. In order particularly to prove the correctness and feasibility of the proposed algorithm, this paper tries to apply the algorithm to a specific workflow model and to show that it is able to derive its corresponding workflow-based affiliation network knowledge.

☞ keyword : 워크플로우, 비즈니스 프로세스, 워크플로우 인텔리전스, 협력네트워크, 지식 발견
Workflow, Business Process, Workflow Intelligence, Affiliation Network, Knowledge Discovery Algorithm

1. 서 론

최근에 더욱 더 많은 기업과 조직들이 프로세스 기반의 정보기술의 중요성과 필요성을 인식하기 시작하면서 워크플로우 및 비피엠 시스템(이하 워크플로우 시스템)의 각 산업부문별 적용사례가 급속하게 증가하고 있다. 이러한 워크플로우 기술의 적용사례 증가와 함께 프로세스 기반 업무처리량 및 그에 따른 이력정보들이 늘어나면서 멀지 않은 미래에 기존의 워크플로우 및 업무 프로세스들에 대한 개선과 분석[6], 모니터링 및 제어[9], 예측을 가능하게 할 뿐 만 아니라 새로운 유형의 업무 프로세스 관련 지식을 발견[16,18]하거나 마이닝(재발견)[2]할

수 있는 워크플로우 인텔리전스 기술[8]에 대한 요구가 급속히 증가할 것으로 예상하고 있다. 특히, 연구개발 측면에서의 도전분야는 워크플로우 인텔리전스 기술을 이용한 소셜 및 업무 프로세스 관련 지식의 발견 및 재발견 기술이다. 워크플로우 모델과 일련의 워크플로우 모델들의 그룹으로 정의되는 워크플로우 패키지로부터 워크플로우 프로세스 관련 지식을 발견해내는 기법을 워크플로우 인텔리전스 발견기법[16]이라고 하며, 워크플로우 모델들의 실행이력인 로그정보로부터 워크플로우 프로세스 관련 지식을 발견해내는 기법을 워크플로우 인텔리전스 재발견기법[10]으로 정의되는데, 최근에 이러한 워크플로우 인텔리전스 발견 및 재발견 기법들에 대한 연구가 워크플로우 기술분야의 주요 연구이슈로 등장하고 있다. 결과적으로, 대량의 워크플로우 및 비즈니스 프로세스 모델과 그들의 실행 이력을 기반으로 한 워크플로우 프로세스 관련 지식의 발견 및 재발견 알고리즘들과 이를 위한 프레임워크의 확보 유무는 워크플로우 관리 시스템과 비즈니스 프로세스 관리 시스템의 가치를 평가하

* 중신회원 : 경기대학교 일남대학원 컴퓨터학과
kwang@kgu.ac.kr

[2011/11/20 투고 - 2011/11/29 심사 - 2012/01/16 심사완료]

☆ 본 연구는 경기대학교 연구활동지원사업의 연구년 지원과제(국내연구, 2010.09 ~ 2011.02, 워크플로우 인텔리전스 분석 기법 연구)의 일환으로 수행되었음.

는데 중요한 요소로 인식되고 있다.

본 논문에서는 워크플로우 인텔리전스 발견기법의 하나로 프로세스기반 엔터프라이즈에서 워크플로우 관리 시스템의 빌드타임 클라이언트에 의해 정의된 워크플로우 모델에 할당된 업무수행자들간의 협력네트워크 지식(affiliation network knowledge)을 발견하기 위한 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘을 제안한다. 본 저자의 연구그룹에서는 정보제어넷기반 워크플로우 인텔리전스 기술을 기반으로 하는 지식 발견 및 재발견 프레임워크와 그와 연관된 일련의 알고리즘들과 인텔리전스 시스템 구현에 대한 연구를 수행해오고 있는데, 본 논문의 핵심내용은 그 중 정보제어넷기반 워크플로우 지식 발견 프레임워크를 기반으로 하는 지식 발견 알고리즘을 설계하는데 있다. 또한, 이 지식 발견 프레임워크는 발견 단계와 분석단계로 구성되는데, 발견단계에서는 정보제어넷기반 워크플로우 모델[12]로부터 업무수행자들과 단위업무들간의 소셜네트워크, 협력네트워크, 소속성네트워크 등을 발견하는 지식 발견 알고리즘이 핵심이며, 분석단계에서는 발견단계에서 발견된 다양한 유형의 업무수행자 중심 네트워크 지식을 분석하기 위해서 요구되는 소셜행렬(SocioMatrix) 생성알고리즘과 업무수행자들간의 참여 및 소속 관계도(degree participation/involvement)[11], 소셜구심도(degree/betweenness/closeness centrality)[11], 업무지시도(prestige)[11] 등을 분석하기 위한 일련의 네트워크 분석알고리즘들이 핵심이다. 따라서, 본 논문의 연구범위는 어느 한 정보제어넷기반 워크플로우 모델에 배정된 업무수행자들과 단위업무들간의 협력네트워크 지식을 발견하고 분석하기 위한 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 프레임워크의 발견단계를 실현하는 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘을 제안하는 것이다.

결과적으로, 본 논문에서는 정보제어넷기반 워크플로우 모델로부터 협력네트워크 지식을 발견하는 알고리즘을 제안하고, 그의 적용사례를 통해 제안된 알고리즘의 구현가능성을 제시하고자 한다. 즉, 본 논문에서 제안하는 발견 알고리즘을 실존 엔터프라이즈의 대표적인 워크플로우 모델인 주문처리 프로세스 모델을 모방한 가상의 정보제어넷기반 워크플로우 모델을 정의하고, 이를 제안된 지식 발견 알고리즘에 적용하고, 그의 결과에 대한 수행자들간의 협력관계(참여와 소속) 지식을 분석함으로써 궁극적으로 워크플로우 협업네트워크 지식 발견 프레임워크의 적합성 및 정확성을 검증하고자 한다.

본 논문의 구성으로서 다음 장에서는 정보제어넷기반 워크플로우 모델을 정의하고, 특히 이를 구성하는 객체

타입들 중에서 워크플로우 업무수행자들과 단위업무들간의 협력네트워크 인텔리전스 기술과 직접적인 연관되는 구성객체들인 액티버티, 역할, 수행자 객체타입에 대한 정형적 정의를 기술한다. 3 장에서는 본 논문의 핵심인 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘을 설계하고, 그의 분석기법을 제시한다. 마지막으로 4 장에서 본 논문의 핵심주제에 대한 관련연구 조사내용과 기여내용을 기술한다.

2. 정보제어넷기반 워크플로우 모델

정보제어넷[12]에서는 워크플로우 모델을 정형적 표기와 그래픽적 표기로 정의하고 있다. 정보제어넷기반의 워크플로우 협력네트워크를 발견하는데 필수적인 구성요소인 액티버티들의 프로세스(제어흐름)와, 각 액티버티의 역할할당, 그리고 각 역할의 업무수행자배정을 표현하기 위한 정형적 표기법을 정의하고, 대표적인 비즈니스 프로세스의 하나인 주문처리프로세스를 정보제어넷기반 워크플로우 모델로 표현한다.

2.1 워크플로우 프로세스(제어흐름) 정의

워크플로우 모델의 핵심은 프로세스 즉 액티버티들간의 제어흐름을 정의하는 것이다. 워크플로우 프로세스의 기본구조[12]는 시작이벤트액티버티와 종료이벤트액티버티 그리고 이 두 이벤트액티버티들 사이에 시간적 선후행관계를 이루는 액티버티(단위업무)들의 집합과 각 액티버티가 만족해야 할 전이조건들의 집합으로 정의된다. 워크플로우 프로세스를 이루는 기본적인 제어흐름의 유형들과 그래픽적 표기법을 위한 기본적인 규칙은 다음과 같다.

- 액티버티들간의 실행시간적 선후행관계는 반드시 하나의 화살표로서 표현되어야 한다.
- 각 액티버티의 선후행전이조건들은 해당 화살표상에 위치되어야 한다. 이 때, 화살표상에 위치하는 선후행전이조건들의 애초값(default)들은 표기를 생략할 수 있다.
- 작업액티버티들간에는 하나 이상의 선후행관계(화살표)를 정의할 수 없다.
- 게이트웨이액티버티인 OR-split/AND-split 액티버티는 하나의 선행액티버티와 두 개 이상의 후행액티버티를 갖으며, OR-join/AND-join 액티버티는 두 개 이상의 선행액티버티와 하나의 후행액티버티를 갖

는다.

- 게이트웨이액티비티인 LOOP-split/LOOP-join은 각각 두 개씩의 선후행액티비티들을 갖는다.
- 구조적 워크플로우 프로세스, 즉 게이트웨이액티비티는 반드시 split/join 유형의 쌍을 이루어야 할 뿐만 아니라 다중의 게이트웨이액티비티들은 네스팅 구조를 유지해야 한다.

워크플로우 프로세스의 기본구조[12]에 대한 정형적 정의는 [정의 1]에 나타내었다. 워크플로우 프로세스는 액티비티 집합과 천이조건 집합을 대상으로 하는 두 개의 함수, 즉 해당 프로세스를 구성하는 액티비티들의 선후행액티비티 집합들을 정의하는 함수와 각 액티비티들의 선후행천이조건 집합들을 정의하는 함수로 정의된다.

[정의 1] 워크플로우 프로세스, $\Gamma_C = [\text{function}(\delta, \kappa), \text{set}(A, T)]$

(집합) 워크플로우 프로세스의 구성객체집합

- 액티비티들의 집합 $A = \{a_1, \dots, a_k, \xi_1, \dots, \xi_p, \Omega, \dots, \zeta_q, \phi_1, \dots, \phi_r\}$;
 - a_1, \dots, a_k : 작업액티비티
 - ξ_1, \dots, ξ_p : 게이트웨이액티비티 (명시적 또는 암시적 정의)
 - Ω, \dots, ζ_q : 서브프로세스액티비티
 - ϕ_1, \dots, ϕ_r : 이벤트액티비티 (시작액티비티와 종료액티비티)
- 천이조건들의 집합 $T = \{\tau_1, \dots, \tau_m\}$;

(함수) 선후행액티비티 함수, $f: \delta = \delta_i \cup \delta_s$; 선후행천이조건 함수, $f: \kappa = \kappa_i \cup \kappa_o$

- $f: \delta_i A \rightarrow \mathcal{C}(A)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수*로서 어느 특정 액티비티, a 와 그의 선행액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \delta_o A \rightarrow \mathcal{C}(A)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, a 와 그의 후행액티비티 집합과

의 매칭을 정의한 함수이다.

- $f: \kappa_i A \rightarrow \mathcal{C}(T)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, a 와 그의 선행천이조건 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \kappa_o A \rightarrow \mathcal{C}(T)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, a 와 그의 후행천이조건 집합과의 매칭을 정의한 함수이다. □

2.2 워크플로우 역할 및 수행자 정의

정보제어넷기반 워크플로우 모델[12]에 있어서 액티비티들간의 제어흐름과 데이터흐름이 프로세스 측면의 핵심 구성요소라고 한다면, 실제적인 워크플로우 액티비티들의 실행을 담당하는 조직측면의 핵심 구성요소가 바로 역할과 수행자 객체를 정의하는 일이다. 워크플로우 모델에 있어서 역할 객체와 수행자 객체들이 갖는 기본적인 의미는 앞서 설명을 하였듯이, 조직을 이루는 기본요소로서 역할 객체는 논리적 조직개념의 역할과 물리적 조직개념의 부서를 모두 포함한다고 가정하며, 수행자 객체는 하나 이상의 역할들에 소속될 수 있다. 그리고 액티비티 객체의 유형들(작업, 게이트웨이, 서브프로세스, 이벤트) 중에서 오직 작업액티비티들과의 역할/수행자 객체의 연결관계만을 정의할 수 있으며, 나머지 유형의 액티비티들의 실행은 워크플로우 실행엔진에 의해 수행된다고 가정한다. 이들 역할 및 수행자 정의를 위한 정형적 표기법은 [정의 2]와 같이 정의한다. 특히, 정보제어넷 워크플로우 역할 및 수행자 정의의 그래픽적 표기법을 위한 기본적인 규칙은 다음과 같다.

- 역할 객체는 작업액티비티 객체들에게만 할당되고, 수행자 객체는 역할 객체에게만 배정된다.
- 작업액티비티들과 역할들간의 연결관계는 직선으로 정의한다.
- 역할과 수행자들간의 연결관계는 직선의 화살표로 정의한다.
- 액티비티들과 수행자들간의 직접적인 연결은 정의될 수 없다.
- 각 액티비티는 반드시 하나의 역할과의 연결관계를 정의될 수 있다.
- 하나의 역할은 하나 이상의 액티비티들과의 연결관계를 정의할 수 있다.
- 하나의 역할은 하나 이상의 수행자들과 연결관계를 정의할 수 있다.

* $A \rightarrow \mathcal{C}(A)$, 다중값 매핑함수(multivalued mapping function)는 집합 A의 모든 원소들은 그의 멱집합(Powerset) $\mathcal{C}(A)$ 의 하나 이상의 원소들과 매핑된다는 의미로서, 프로그램의 함수개념을 적용한다면 집합 A의 각 원소를 입력 했을 때 그의 멱집합 $\mathcal{C}(A)$ 의 하나 이상의 원소들을 출력하는 함수를 정의한 것이다. 다중값 매핑함수는 수학적 함수의 개념으로는 잘못 명기된 이름이라고 할 수 있는데, 그 이유는 수학적 함수의 개념은 X영역의 값에는 Y영역의 오직 하나의 값과 매핑될 수 있음을 의미하기 때문이다. 참고적으로, 다중값 매핑함수는 multi-function, set-valued function, set-valued map, multi-valued map 등으로 불리우기도 한다.

- 하나의 수행자는 하나 이상의 역할들과 연결관계를 정의할 수 있지만, 그래픽적 연결관계는 표시하지 않고 해당 수행자 객체를 중복해서 정의한다.

[정의 2] 워크플로우 역할 및 수행자 정의, $\Gamma_R = [\text{function}(\varepsilon, \pi), \text{set}(\mathbf{A}, \mathbf{R}, \mathbf{P})]$

(집합) 워크플로우 모델의 구성객체집합

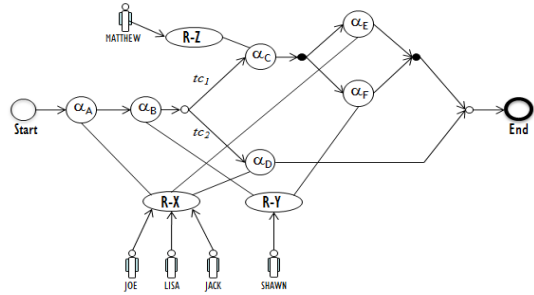
- 액티비티들의 집합, $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_n\}$;
 - a_1, \dots, a_n : 작업액티비티
- 역할들의 집합, $\mathbf{R} = \{u_1, \dots, u_m\}$;
- 수행자들의 집합, $\mathbf{P} = \{\phi_1, \dots, \phi_k\}$;
- $\mathcal{G}(\)$: Power Set
- (함수) 역할할당 함수, $f: \varepsilon = \varepsilon_a \cup \varepsilon_p$; 수행자배정 함수, $f: \pi = \pi_p \cup \pi_c$;
- $f: \varepsilon_p \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{R}$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, a 와 그의 실행을 책임맡은 하나의 역할과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \varepsilon_a \mathbf{R} \rightarrow \mathcal{G}(\mathbf{A})$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 역할, u 와 그 역할이 실행책임을 맡고 있는 액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \pi_p \mathbf{P} \rightarrow \mathcal{G}(\mathbf{R})$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 수행자, ϕ 와 그 수행자 속한 역할 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \pi_c \mathbf{R} \rightarrow \mathcal{G}(\mathbf{P})$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 역할, u 와 그 역할에 할당된 수행자 집합과의 매칭을 정의한 함수이다. □

2.3 정보제어넷기반 워크플로우 모델 예

앞서 정의한 정보제어넷의 기본원리에 따라 정의한 워크플로우 모델의 한 예는 (그림 1)과 같으며, 이 그래픽 표현에 대한 정형적 표현은 다음과 같다. 즉, 워크플로우 모델을 구성하는 개체들 중에서 워크플로우 협력네트워크 지식에 직접적인 영향을 미치는 제어흐름 측면과 역할할당 측면 그리고 수행자배정 측면의 정형적 표현은 다음과 같다.

① (그림 1)의 정보제어넷기반 워크플로우 프로세스 (제어흐름) 모델의 정형적 표현

- $\delta_i(a_{Start}) = \{ \emptyset \}$; $\delta_o(a_{Start}) = \{ \{a_A\} \}$;
- $\delta_i(a_A) = \{ \{a_{Start}\} \}$; $\delta_o(a_A) = \{ \{a_B\} \}$;
- $\delta_i(a_B) = \{ \{a_A\} \}$; $\delta_o(a_B) = \{ \{a_C\}, \{a_D\} \}$;
- $\delta_i(a_C) = \{ \{a_B\} \}$; $\delta_o(a_C) = \{ \{a_E\}, \{a_F\} \}$;



(그림 1) 정보제어넷기반 워크플로우 모델의 그래픽적 표현

- $\delta_i(a_D) = \{ \{a_B\} \}$; $\delta_o(a_D) = \{ \{a_{End}\} \}$;
- $\delta_i(a_E) = \{ \{a_C\} \}$; $\delta_o(a_E) = \{ \{a_{End}\} \}$;
- $\delta_i(a_F) = \{ \{a_C\} \}$; $\delta_o(a_F) = \{ \{a_{End}\} \}$;
- $\delta_i(a_{End}) = \{ \{a_D\}, \{a_E\}, \{a_F\} \}$; $\delta_o(a_{End}) = \{ \emptyset \}$;

② (그림 1)의 정보제어넷기반 워크플로우 역할할당 모델의 정형적 표현

- $\varepsilon_p(a_{Start}) = \{ \emptyset \}$; $\varepsilon_p(a_A) = \{ u_{R_X} \}$; $\varepsilon_p(a_B) = \{ u_{R_Y} \}$;
- $\varepsilon_p(a_C) = \{ u_{R_Z} \}$;
- $\varepsilon_p(a_D) = \{ u_{R_X} \}$; $\varepsilon_p(a_E) = \{ u_{R_X} \}$; $\varepsilon_p(a_F) = \{ u_{R_Y} \}$;
- $\varepsilon_p(a_{End}) = \{ \emptyset \}$;
- $\varepsilon_a(u_{R_X}) = \{ \{a_A\}, \{a_D\}, \{a_E\} \}$; $\varepsilon_a(u_{R_Y}) = \{ \{a_B\}, \{a_F\} \}$;
- $\varepsilon_a(u_{R_Z}) = \{ \{a_C\} \}$;

③ (그림 1)의 정보제어넷기반 워크플로우 수행자배정 모델의 정형적 표현

- $\pi_c(u_{R_X}) = \{ \{ \phi_{joe}, \phi_{lisa}, \phi_{jack} \} \}$; $\pi_c(u_{R_Y}) = \{ \{ \phi_{shawn} \} \}$;
- $\pi_c(u_{R_Z}) = \{ \{ \phi_{matthew} \} \}$;
- $\pi_p(\phi_{joe}) = \{ u_{R_X} \}$; $\pi_p(\phi_{lisa}) = \{ u_{R_X} \}$; $\pi_p(\phi_{jack}) = \{ u_{R_X} \}$;
- $\pi_p(\phi_{shawn}) = \{ u_{R_Y} \}$; $\pi_p(\phi_{matthew}) = \{ u_{R_Z} \}$;

3. 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘

여기서는, 정보제어넷기반의 워크플로우 모델로부터 업무수행자들과 단위업무들간의 협력관계를 나타내는 워크플로우 협력네트워크 모델을 정의하고 이를 발견하는 알고리즘을 고안한다. 고안된 알고리즘을 (그림 1)의 정보제어넷기반 워크플로우 모델에 적용하고, 그에 대한 분석결과를 기술한다.

3.1 워크플로우 협력네트워크 모델

앞서 정의했듯이, 정보제어넷기반의 워크플로우 모델 [12]은 일련의 액티버티들과 그들간의 시간적 우선순위를 통해 정의되며, 각 액티버티의 실행은 할당된 역할(role)에 속한 업무수행자들에 의해 수행된다. 따라서, 워크플로우 모델상에 정의된 역할할당 및 수행자배정 정보를 바탕으로 업무수행자들과 단위업무들간에 형성된 상호관계를 발견한 결과를 정보제어넷기반 워크플로우 협력네트워크 모델이라고 정의한다. 궁극적으로, 본 논문에서 제안한 지식 발견 알고리즘의 수행결과가 바로 워크플로우 협력네트워크 모델이다. [정의 3]은 워크플로우 협력네트워크 모델의 정형적 정의를 나타낸 것으로 워크플로우 모델의 구성객체인 액티버티 ($\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_n\}$)와 수행자 ($\mathbf{P} = \{\phi_1, \dots, \phi_k\}$)를 구성요소로 하는 수행자들간의 연루협력관계(involverment) 함수 ($\sigma = \phi_j \cup \alpha_i$)와 참가협력관계(participation) 함수 ($\psi = \psi_a \cup \psi_v$)를 통해 정의될 수 있다.

[정의 3] 워크플로우 협력네트워크 모델의 정의, $\Lambda =$
[function(α, ψ, \mathbf{S}) over set($\mathbf{A}, \mathbf{P}, \mathbf{V}$)]

(집합) 워크플로우 모델의 구성객체집합

- 액티버티들의 집합, $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_n\}$;
- a_1, \dots, a_n : 작업액티버티
- 수행자들의 집합, $\mathbf{P} = \{\phi_1, \dots, \phi_k\}$;
- 링크강도치(Weight-Value) 집합, \mathbf{V} ;
- 수행자와 액티버티간의 협력링크 집합, $\mathbf{E}_p = \mathbf{P} \times \mathbf{A}$
 $= \{(\phi_j, a_i), 1 \leq j \leq n; 1 \leq i \leq k\}$;
- 액티버티와 수행자간의 협력링크 집합, $\mathbf{E}_a = \mathbf{A} \times \mathbf{P}$
 $= \{(a_i, \phi_j), 1 \leq i \leq n; 1 \leq j \leq k\}$;
- $\mathcal{C}(\)$: Power Set
(함수) 연루협력관계 함수, $f: \sigma = \phi_j \cup \alpha_i$; 참가협력관계 함수, $f: \psi = \psi_a \cup \psi_v$;
- $f: \phi_j \mathbf{P} \rightarrow \mathcal{C}(\mathbf{A})$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 업무수행자, ϕ 와 그의 연루된 액티버티들과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \alpha_i \mathbf{E}_p \rightarrow \mathbf{V}$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 연루협력링크, (ϕ, a) 와 그의 링크강도치(weight-value)와의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \psi_a \mathbf{A} \rightarrow \mathcal{C}(\mathbf{P})$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티버티, a 와 그의 실행에 참가하는 수행자들과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \psi_v \mathbf{E}_a \rightarrow \mathbf{V}$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어

느 특정 참가협력링크, (a, ϕ) 와 그의 링크강도치(weight-value)와의 매칭을 정의한 함수이다.

□

워크플로우 협력네트워크 모델의 그래픽적 표기법은 수행자(actor or performer)는 정육각형으로, 액티버티는 원으로 표기하며, 그들간의 협력링크는 직선 또는 곡선의 화살표로 표기한다. 그리고 수행자와 액티버티의 협력링크상에는 각 협력관계의 강도를 나타내는 링크강도치를 위치시킬 수 있다. 단, 링크강도치를 생략하는 경우는 이진 링크강도치(binary weight-value)를 의미한다.

3.2 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘

정보제어넷기반 워크플로우 모델[12]로부터 워크플로우 협력네트워크 모델을 발견하는 알고리즘은 다음의 (그림 2)와 같다. 이 지식 발견 알고리즘의 입력은 워크플로우 프로세스 (제어흐름) 모델 (Γ_c)과 워크플로우 역할 및 수행자 할당 모델 (Γ_R)이며, 최종 수행결과인 출력은 발견된 워크플로우 협력네트워크 모델 (Λ)이다. 특히, 이 지식 발견 알고리즘에서는 게이트웨이액티버티를 암시적으로 정의하는 정보제어넷기반 워크플로우 모델을 입력으로 하며, 따라서 워크플로우 협력네트워크 모델을 구성하는 액티버티들의 유형은 작업액티버티이다. 이 지식발견 알고리즘에 의해 발견되는 워크플로우 협력네트워크 지식은 연루협력지식(involverment knowledge)과 참가협력지식(participation knowledge)으로 구성된다. 또한, 연루협력과 참가협력의 링크강도치(weight-value)가 0과 1로 표현되는 지식을 이진협력네트워크라고 정의하고, 두 협력유형의 링크강도치가 수치(weight-value ≥ 1)로 표현되는 지식을 다중값협력네트워크라고 정의한다. 결과적으로, (그림 2)에서 제안한 알고리즘의 시간복잡성은 $O(\mathbf{N} + \mathbf{M})$ 이며, 여기서 \mathbf{N} 은 입력 워크플로우 모델을 구성하는 액티버티의 수, \mathbf{M} 은 입력 워크플로우 모델에 배정된 업무수행자의 수를 의미한다.

(그림 2)의 지식 발견 알고리즘의 실행 결과로 생성되는 워크플로우 협력네트워크 모델은 하나의 워크플로우 모델상에 계획된 연루협력지식(involverment knowledge)과 참가협력지식(participation knowledge)을 나타낸 것이며, 결과적으로 생성된 협력네트워크 모델은 해당 워크플로우 모델의 조밀도(Density)를 분석하고 수치화할 수 있는 기반이 된다. 또한, 수행자들과 단위업무들간의 링크강도치(weight-value)를 어떻게 활용하느냐에 따라 다음과 같

[워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘]

```

입력:      ΓC = [ function(δ, κ), set(A, T) ] (워크플로우 프로세스 모델)
ΓR = [ function(ε, π), set(A, R, P) ] (워크플로우 역할 및 수행자 할당 모델)
출력:      Λ = [ function(α, ψ, S) over set(A, P, V) ] (워크플로우 협력네트워크 모델)
BEGIN PROCEDURE
  /* 연루협력관계 함수에 의한 연루협력링크 지식 및 링크강도치 발견 */
  FOR ( ∀φ ∈ P ) DO /* 여기서, φ는 수행자, P는 수행자의 집합이다. */
    ADD all members of εA(πP(φ)) TO each member of αP(φ);
    ADD 'Weight-value' TO αA(all edges(pairs) of (φ, αP(φ)));
  DONE
  /* 참가협력관계 함수에 의한 참가협력링크 지식 및 링크강도치 발견 */
  FOR ( ∀α ∈ A ) DO /* 여기서, α는 액티버티, A는 액티버티의 집합이다. */
    ADD all members of πA(εP(α)) TO each member of ψA(α);
    ADD 'Weight-value' TO ψV(all edges(pairs) of (α, ψA(α)));
  DONE
END PROCEDURE
    
```

(그림 2) 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘

이 다양한 유형의 워크플로우 협력네트워크 모델로의 변형이 가능하다.

- 이진-링크강도치(binary) 워크플로우 협력네트워크 모델
- 다중-링크강도치(valued) 워크플로우 협력네트워크 모델
- 워크플로우 역할-중심 협력네트워크 모델
- 워크플로우 응용프로그램-중심 협력네트워크 모델

3.3 지식발견 알고리즘 적용과 워크플로우 협력네트워크 모델의 분석

본 논문에서 설계한 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘을 (그림 1)의 정보제어넷기반 워크플로우 모델[2]에 적용함으로써 이 알고리즘 동작의 정확성을 검증하고자 한다. 또한, 이 알고리즘의 실행결과인 워크플로우 협력네트워크 모델에 대한 그래픽적 표기 및 정형적 표기, 그리고 이를 분석하기 위한 이진-협력행렬(binary bipartite matrix)의 생성과 그에 대한 분석 방법과 결과를 기술한다.

3.3.1 발견된 워크플로우 협력네트워크 모델

(그림 1)의 정보제어넷기반 워크플로우 모델을 워크플로우 협력네트워크 지식발견 알고리즘에 적용한 결과, 생성된 워크플로우 협력네트워크 모델의 정형적 표기는

다음과 같다. 여기서, 발견된 워크플로우 협력네트워크 모델은 이진-링크강도치 워크플로우 협력네트워크 모델이라고 가정하고, 따라서 각 연루협력링크와 참가협력링크의 링크강도치(weight-value)는 “1”이 된다.

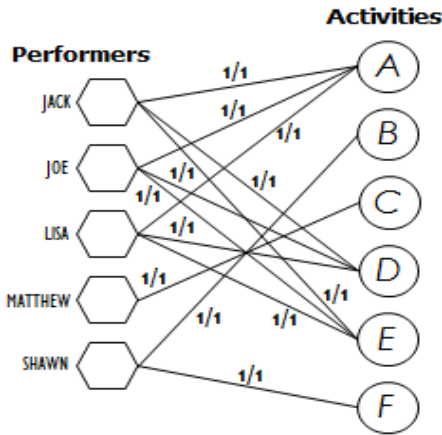
① 연루협력관계, $\sigma = \alpha_P \cup \alpha_A$

- $\alpha_P(\Phi_{joe}) = \{ \{ \alpha_A, \alpha_D, \alpha_E \} \};$
 $\alpha((\Phi_{joe}, \alpha_A)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{joe}, \alpha_D)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{joe}, \alpha_E)) = \{ \{ 1 \} \};$
- $\alpha_P(\Phi_{lisa}) = \{ \{ \alpha_A, \alpha_D, \alpha_E \} \};$
 $\alpha((\Phi_{lisa}, \alpha_A)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{lisa}, \alpha_D)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{lisa}, \alpha_E)) = \{ \{ 1 \} \};$
- $\alpha_P(\Phi_{jack}) = \{ \{ \alpha_A, \alpha_D, \alpha_E \} \};$
 $\alpha((\Phi_{jack}, \alpha_A)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{jack}, \alpha_D)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{jack}, \alpha_E)) = \{ \{ 1 \} \};$
- $\alpha_P(\Phi_{shawn}) = \{ \{ \alpha_B, \alpha_F \} \};$
 $\alpha((\Phi_{shawn}, \alpha_B)) = \{ \{ 1 \} \}; \alpha((\Phi_{shawn}, \alpha_F)) = \{ \{ 1 \} \};$
- $\alpha_P(\Phi_{matthew}) = \{ \{ \alpha_C \} \};$
 $\alpha((\Phi_{matthew}, \alpha_C)) = \{ \{ 1 \} \};$

② 참가협력관계, $\psi = \psi_A \cup \psi_V$

- $\psi_A(\alpha_A) = \{ \{ \Phi_{joe}, \Phi_{lisa}, \Phi_{jack} \} \};$
 $\psi_V((\alpha_A, \Phi_{joe})) = \{ \{ 1 \} \}; \psi_V((\alpha_A, \Phi_{lisa})) = \{ \{ 1 \} \}; \psi_V((\alpha_A, \Phi_{jack})) = \{ \{ 1 \} \};$
- $\psi_A(\alpha_B) = \{ \{ \Phi_{shawn} \} \};$

- $\Psi_v((\alpha_B, \Phi_{shawn})) = \{1\}$;
- $\Psi_a(\alpha_C) = \{ \{ \Phi_{matthew} \} \}$;
 $\Psi_v((\alpha_C, \Phi_{matthew})) = \{1\}$;
- $\Psi_a(\alpha_D) = \{ \{ \Phi_{joe}, \Phi_{lisa}, \Phi_{jack} \} \}$;
 $\Psi_v((\alpha_D, \Phi_{joe})) = \{1\}$; $\Psi_v((\alpha_D, \Phi_{lisa})) = \{1\}$; $\Psi_v((\alpha_D, \Phi_{jack})) = \{1\}$;
- $\Psi_a(\alpha_E) = \{ \{ \Phi_{joe}, \Phi_{lisa}, \Phi_{jack} \} \}$;
 $\Psi_v((\alpha_E, \Phi_{joe})) = \{1\}$; $\Psi_v((\alpha_E, \Phi_{lisa})) = \{1\}$; $\Psi_v((\alpha_E, \Phi_{jack})) = \{1\}$;
- $\Psi_a(\alpha_F) = \{ \{ \Phi_{shawn} \} \}$;
 $\Psi_v((\alpha_F, \Phi_{shawn})) = \{1\}$;



(그림 3) 발견된 이진-링크강도치 워크플로우 협력네트워크 모델의 그래픽적 표현

발견된 워크플로우 협력네트워크 모델의 연루협력관계 및 참가협력관계에 대한 정형적 표현을 그래픽적으로 표현한 것이 (그림 3)이다. 즉, 워크플로우 협력네트워크 모델의 연루협력지식은 어느 특정 업무수행자가 연루된 액티버티(단위업무)들을 나타내며, 참가협력지식은 어느 특정 액티버티에 참가한 업무수행자들을 나타낸다. 워크플로우 협력네트워크 모델의 그래픽적 구성요소는 수행자(performer, actor)를 나타내는 정육각형, 액티버티 또는 단위업무를 나타내는 원형, 그리고 이들 두 구성요소들 간의 연루 및 참가 협력링크를 나타내는 직선과 그 직선상의 해당링크의 연루강도치 및 참가강도치로 구성된다. 또한, 이 논문에서는 하나의 워크플로우 모델에 대한 워크플로우 협력네트워크 모델을 발견하고 분석할 수 있는 알고리즘 제안하고 있지만, 다중의 워크플로우 모델들을 한 묶음으로 한 워크플로우 패키지[17]로, 그리고 다중의

워크플로우 패키지들을 한 묶음으로 하거나 조직 전체에서 운용중인 모든 워크플로우 모델들에 확대적용할 수 있도록 제안된 알고리즘을 확장할 필요가 있다.

3.3.2 발견된 워크플로우 협력네트워크의 분석

발견된 워크플로우 협력네트워크 모델에 대해 조밀도 분석과 중심도분석 등의 협력네트워크 분석기법을 적용하기 위해서는 해당 협력네트워크 모델을 행렬형태로 표현해야 하는데, 이 행렬을 협력행렬(bipartite matrix)이라고 정의한다. 결과적으로, (표 1)은 (그림 3)의 이진-링크강도치 워크플로우 협력네트워크 모델을 협력행렬로 표현한 것이다. 이러한 이진-링크강도치 워크플로우 협력네트워크 모델을 협력행렬에 대해서 조밀도(density)분석과 중심도(centrality)분석을 수행함으로써 궁극적으로 해당 워크플로우 모델상에 내장되어 있는 다양한 협력네트워크 관련 워크플로우 지식과 인텔리전스를 발견하고 분석해 낼 수 있는 것이다. 발견된 워크플로우 협력네트워크에 대한 다양한 분석기법을 적용하는 것은 본 논문의 범위를 벗어나므로 여기서는 협력행렬에 대한 기본적인 의미와 협력행렬로부터 발견할 수 있는 연루 및 참가 협력관계 지식의 기본적인 분석방법에 대해서 기술한다.

(표 1)의 협력행렬은 두 가지 유형의 단위원소들로 구성되어 있다. 하나는 워크플로우 모델을 구성하는 액티버티(단위업무)들이며, 다른 하나는 그 모델의 실행에 배정된 수행자들이다. 즉, 각 액티버티의 실행에 연루된 수행자의 연루여부와 각 수행자들의 액티버티 실행에의 참가여부를 나타내고 있다. 결과적으로, 발견된 워크플로우 협력네트워크에 대한 협력행렬은 다음과 같은 일반적인 그룹행렬 형태(X^{AP})로 표현될 수 있으며, 연루협력관계 지식행렬(X^A)과 참가협력관계 지식행렬(X^P)은 협력행렬

(표 1) 워크플로우 협력네트워크 모델의 협력행렬 (bipartite matrix)

	φ_{jack}	φ_{joe}	φ_{lisa}	φ_{matt}	φ_{sha}	α_A	α_B	α_C	α_D	α_E	α_F
φ_{jack}	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
φ_{joe}	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
φ_{lisa}	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
φ_{matt}	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
φ_{sha}	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
α_A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
α_B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
α_C	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
α_D	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
α_E	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
α_F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

$$\begin{aligned}
 X^{A,P} &= \begin{bmatrix} 0 & A \\ A' & 0 \end{bmatrix} \\
 X^A &= AA'; & X^P &= A'A \\
 X^A = AA' &= \begin{pmatrix} 100110 \\ 100110 \\ 100110 \\ 001000 \\ 010001 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 111100 \\ 00001 \\ 00010 \\ 11100 \\ 11100 \\ 00001 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 33300 \\ 33300 \\ 33300 \\ 00010 \\ 00002 \end{pmatrix} \\
 X^P = A'A &= \begin{pmatrix} 11100 \\ 00001 \\ 00010 \\ 11100 \\ 11100 \\ 00001 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 100110 \\ 100110 \\ 100110 \\ 001000 \\ 010001 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 300330 \\ 010001 \\ 001000 \\ 300330 \\ 300330 \\ 010001 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

(그림 4) 발견된 워크플로우 협력네트워크의 연루 및 참가 협력관계 지식행렬

의 부분행렬인 **A**와 **A'**의 곱셈행렬로부터 생성된다. (그림 4)는 (표 1)의 협력행렬로부터 생성된 연루협력관계 지식행렬과 참가협력관계 지식행렬을 나타낸 것이다.

(그림 4)의 연루협력관계 지식행렬(**X^A**)은 해당 워크플로우 모델의 실행에 배정된 5명의 수행자들을 행과 열로 구성하는 5 × 5 행렬로서 각 단위원소 값의 의미는 대각선의 단위원소와 비대각선의 단위원소로 구분되는데, 비대각선의 단위원소의 의미는 행과 열의 수행자 쌍의 두 명의 수행자들이 공동으로 함께 연루된 액티버티의 수를 나타낸다. 즉, 연루협력관계 지식행렬의 첫 번째 수행자인 ϕ_{jack} 과 세 번째 수행자인 ϕ_{isa} 함께 공동으로 연루된 액티버티의 수는 3이라는 의미이다. 또한, 대각선의 단위원소들은 수행자 각각이 연루되어 있는 액티버티의 수를 나타낸다. 따라서, 연루협력관계 지식행렬의 마지막 수행자인 ϕ_{shawn} 이 연루되어 있는 액티버티의 수는 2라는 의미이다. 한편, 참여협력관계 지식행렬(**X^P**)는 해당 워크플로우 모델을 구성하는 6개의 단위업무인 액티버티들을 행과 열로 구성하는 6 × 6 행렬로서 각 단위원소 값의 의미는 역시 대각선의 단위원소와 비대각선의 단위원소로 구분된다. 비대각선의 단위원소의 의미는 행과 열의 액티버티 쌍의 두 개의 액티버티들의 실행에 공동으로 참가하는 수행자의 수를 나타내고, 대각선의 단위원소는 각 액티버티의 실행에 배정된 수행자의 수를 의미한다. 예를 들면, 액티버티 a_A 와 액티버티 a_D 의 실행에 공동으로 참가한 수행자의 수는 3명이며, 대각선 행렬상에서 세 개의 액티버티 a_A , a_D , a_E 의 실행을 위해서 각각 3명씩의 수행자가 참가했음을 의미하고, 나머지 세 개의 액티버

티 a_B , a_C , a_F 의 실행에는 각각 1명씩의 수행자가 참가했음을 나타내고 있다.

이러한 협력행렬과 이로부터 생성된 연루협력관계 지식행렬과 참가협력관계 지식행렬은 다양한 유형의 워크플로우 협력네트워크 분석기법에 활용되는데, 워크플로우 협력네트워크의 조밀도(density) 분석기법과 중심도(centrality) 분석기법이 대표적이다. 이러한 분석기법들의 적용사례는 본 논문의 범위를 넘어서므로 자세히 기술하지 않도록 하겠다.

4. 관련연구

최근의 워크플로우 및 비즈니스 프로세스 기술분야에서는 프로세스기반 조직의 복잡성과 혁신성 증대에 따른 프로세스 리엔지니어링을 위한 워크플로우 발견[2] 또는 재발견[1,3,5-7,10] 이슈와 업무수행자들간의 소셜이나 협력 지식[4] 및 인텔리전스 마이닝 그리고 이들의 분석 이슈[8,9,15,16]에 대한 연구가 크게 관심을 받고 있다. 특히, 본 논문의 연구내용과 직접적인 관련이 있는 기술분야인 워크플로우 지식 발견 이슈와 직접적인 연관이 있는 워크플로우 인텔리전스 기술에 대한 연구는 국내외적으로 관심이 높아지고 있다.

일반적으로, 워크플로우 인텔리전스(비즈니스프로세스 인텔리전스)[6,8,15]의 핵심 연구내용 및 범위는 크게 분석, 예측, 모니터링 그리고 제어 부분으로 나뉘질 수 있는데, 워크플로우 인텔리전스 분석 부분은 소셜네트워크의 분석기법[8,11]과 비즈니스 프로세스 시뮬레이션 기법[15,18]을 이용한 연구접근방법이 진행되었으며, 워크플로우 인텔리전스 예측 부분은 워크플로우 프로세스 발견[2,13], 재발견[1,14], 그리고 마이닝[3,5,7] 기법에 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 본 논문의 주제인 워크플로우 기술과 소셜네트워크 기술의 융합을 통한 연구주제는 [8-10,16,17] 등에서 새로이 제시된 연구주제이다. 그렇지만 이러한 연구주제와 본 논문의 연구주제와의 핵심적 차이는 기존의 연구는 워크플로우의 실행을 담당하는 업무수행자들간에 형성되는 소셜네트워크 지식을 발견 및 재발견하는 기법에 대한 연구에 초점을 두고 있는데 반하여, 본 논문에서 제시한 핵심연구주제는 워크플로우의 실행을 담당하는 업무수행자들과 그 워크플로우를 구성하는 단위업무들간에 형성되는 업무협력네트워크 지식에 초점을 두고 있다는 점에서 차이가 있다.

본 논문의 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘은 워크플로우 인텔리전스 기술의 분석과 예측 부분

에 해당된다고 할 수 있다. 즉, 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 기법 및 알고리즘은 워크플로우 모델 또는 그의 집합인 워크플로우 패키지들에 대한 분석을 통해 수행자와 단위업무간의 연루 및 참가 협력네트워크를 발견하고 분석할 수 있다는 점에서 워크플로우 인텔리전스 분석 부분에 해당된다. 특히, 본 논문에서 국내의 최초로 새로이 정의한 워크플로우 협력네트워크 모델은 워크플로우 모델의 실행로그로부터 이러한 단위업무와 수행자간의 협력지식을 재발견하는 알고리즘의 연구에도 적용 가능하다. 또한, 워크플로우의 실행이력 또는 로그[3,7,8]로부터 협력네트워크를 재발견하고, 이의 결과를 워크플로우 모델로부터 발견된 협력네트워크 지식과 비교함으로써 해당 워크플로우 모델을 수행하는데 있어서 수행자와 단위업무간의 연루 및 참가 충실도(fidelity) 분석을 수행할 수 있을 뿐 만 아니라 개선을 위한 워크플로우 인텔리전스 예측 기법에 적용될 수도 있다.

결과적으로, 본 논문의 주요 연구내용인 워크플로우 수행자들과 단위업무(액티비티)들간의 협력네트워크를 발견하는 알고리즘은 워크플로우 지식 발견 및 재발견 분야의 새로운 영역을 개척했다는 점에서 의미가 있다고 판단된다. 특별히, 본 논문에서 제안한 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘의 이론적 배경은 정보제어넷(information control net)[12]을 기반으로 하는 워크플로우 모델에 적용된 국내의 최초의 시도라는 점에서 의미가 있다.

5. 결 론

지금까지 본 논문에서는 워크플로우 협력네트워크 지식 발견 알고리즘을 제안하고, 그 발견된 워크플로우 협력네트워크 모델과 그로부터 생성되는 협력행렬과 연루 및 참가 협력관계 지식행렬 그리고 그들의 분석방법과 해석을 예를 들어 기술함으로써 제안된 알고리즘을 검증하였다. 추후 연구내용으로써, 본 논문에서 제안한 알고리즘은 단일의 정보제어넷기반의 워크플로우 모델로부터 업무수행자와 단위업무간의 협력네트워크 모델을 발견하는 것을 목표로 하고 있지만, 다중의 워크플로우 모델들, 즉 워크플로우 패키지 뿐만 아니라 다중의 워크플로우 패키지들로부터 협력네트워크 모델을 발견할 수 있도록 그의 기능적 확장이 요구된다. 또한, 실세계에 이 알고리즘을 적용하기 위해서는 정보제어넷기반 워크플로우 모델을 XML기반의 국제표준정의언어인 XPDL [12,17]로 표현하고, 이로부터 워크플로우 협력네트워크

모델을 발견할 수 있도록 구현되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Kwanghoon Kim, Clarence A. Ellis, "sigma-Algorithm: Structured Workflow Process Mining through Amalgamating Temporal Workcases," Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4426, pp. 119-130, 2007
- [2] Clarence A. Ellis, et al., "Beyond Workflow Mining," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4102, pp.49-64, 2006
- [3] Kwanghoon Kim, "An XML-Based Workflow Event Logging Mechanism for Workflow Mining," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3842, pp.132-136, 2006
- [4] Kwanghoon Kim, "Actor-oriented Workflow Model," Proceedings of the 2nd international symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications, WOLLONGONG, AUSTRALIA, March 27-28, 1999
- [5] Jacques Wainer, Kwanghoon Kim, Clarence A. Ellis, "A Workflow Mining Method Through Model Rewriting," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3706, pp.184-191, 2005
- [6] Kwang-Hoon Kim, Clarence A. Ellis, "Workflow Reduction for Reachable-path Rediscovery in Workflow Mining," Foundations and Novel Approaches in Data Mining, Vol. 9, pp. 288-309, Springer, 2006
- [7] Min-Jae Park, Kwanghoon Kim, "A Workflow Event Logging Mechanism and Its Implications on Quality of Workflows," JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING, Vol. 26, No. 5, pp. 1817-1830, 2010
- [8] Harri Oinas-Kukkonen, et al., "Social Networks and Information Systems: Ongoing and Future Research Streams," JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF INFORMATION SYSTEMS, Vol. 11, Issue 2, pp. 61-68, 2010
- [9] Mary Griffiths, "Oxygen: Social Intranets, Collective Intelligence and Government Practices," ELECTRONICS JOURNAL OF E-GOVERNMENT, Vol. 5, Issue 2,

- pp. 177-190, 2007
- [10] Wil M. P. van der Aalst, Hajo A. Reijers, Minseok Song, "Discovering Social Networks from Event Logs," *COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK*, Vol.14, No.6, pp.549-593, 2005
- [11] David Knoke, Song Yang, *SOCIAL NETWORK ANALYSIS - 2nd Edition*, Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, SAGE Publications, 2008
- [12] Kwanghoon Kim, Clarence A. Ellis, "Section II / Chapter VII. An ICN-based Workflow Model and Its Advances," *Handbook of Research on BP Modeling*, pp.142-172, IGI Global, ISR, 2009
- [13] Jaekang Won, "A Framework: Organizational Network Discovery on Workflows," Ph.D. Dissertation, Department of Computer Science, KYONGGI UNIVERSITY, 2008
- [14] Aubrey J. Rembert, "Automatic Discovery of Workflow Models," Ph.D. Thesis Dissertation, Department of Computer Science, UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER, 2008
- [15] Wil M.P. van der Aalst, "Challenges in Business Process Analysis," *LECTURE NOTES ON BUSINESS INFORMATION PROCESSING*, Vol. 12, pp.27-42, 2008
- [16] Jihye Song, et al., "A Framework: Workflow-based Social Network Discovery and Analysis," *Proceedings of the 2nd International Workshop on Workflow Management in Service and Cloud Computing*, Dec. 10~13, 2010, Hongkong, China
- [17] Kwanghoon Kim, "A Workflow-based Social Network Discovery and Analysis System," *Proceedings of the 1st International Symposium on Data-driven Process Discovery and Analysis*, pp. 163-176, Jun 29~Jul 1, 2011, Campione d'Italia, Italy
- [18] A. Rozinat, et al., "Discovering Simulation Models," *INFORMATION SYSTEMS*, Vol. 34, pp. 305-327, 2009

◎ 저 자 소 개 ◎



김 광 훈 (Kwanghoon Kim)

1984.2 경기대학교 이과대학 전자계산학과 학사
 1986.2 중앙대학교 일반대학원 전자계산학과 석사
 1994.5 University of Colorado at Boulder Department of Computer Science, MS
 1998.5 University of Colorado at Boulder Department of Computer Science, Ph.D.
 1986.2~1991.8 한국전자통신연구원 연구원
 2005.3~2010.2 Univ. of Colorado at Boulder Department of Computer Science, 방문교수
 2007.7~2010.6 콘텐츠융합소프트웨어연구센터장
 1998.3~현재 경기대학교 컴퓨터과학과 정교수
 2002.3~현재 비피엠코리아포럼 부회장
 2003.1~현재 WfMC ERC Vice-chair
 2003.1~현재 TTA 정보통신국제표준전문가
 2000.1~현재 한국인터넷정보학회 이사, 부회장
 2012.2~현재 경기대학교 전산정보원 원장
 관심분야: 워크플로우/비피엠 기술, RFID/USN 미들웨어 기술, Collaboration Technology
 E-mail: kwang@kgu.ac.kr