

워크플로우 소셜 네트워크 근접중심성 분석 알고리즘[☆]

A Closeness Centrality Analysis Algorithm for Workflow-supported Social Networks

박 성 주¹ 김 광 훈^{1*}
Sungjoo Park Kwanghoon Pio Kim

요 약

본 논문에서는 워크플로우 소셜 네트워크(WSSN, Workflow-supported Social Network) 근접중심성 분석 알고리즘을 제안한다. 워크플로우모델과 모델의 실행을 기반으로 형성되는 업무수행자들간의 협업 관계를 워크플로우 소셜 네트워크라고 정의하고, 이를 기존의 소셜 네트워크 근접중심성 분석기법을 적용하여 워크플로우 소셜 네트워크의 근접중심성을 분석하는 알고리즘을 설계한다. 특히, 제안한 알고리즘의 적용 사례를 통해 특정 워크플로우모델로부터 해당 워크플로우 소셜 네트워크 근접중심성을 분석함으로써 본 논문에서 제안한 알고리즘의 정확성 및 적합성을 검증한다.

주제어 : 워크플로우, 소셜 네트워크, 워크플로우 소셜 네트워크, 근접중심성

ABSTRACT

This paper proposes a closeness centrality analysis algorithm for workflow-supported social networks that represent the collaborative relationships among the performers who are involved in a specific workflow model. The proposed algorithm uses the social network analysis techniques, particularly closeness centrality equations, to analyze the closeness centrality of the workflow-supported social network. Additionally, through an example we try to verify the accuracy and appropriateness of the proposed algorithm.

☞ keyword : Workflow, Social Network, Workflow-supported Social Network, Closeness Centrality

1. 서 론

최근에 워크플로우모델의 형태는 전체적인 업무의 제어흐름에 더하여 업무를 수행하는 업무수행자를 중심으로 하는 업무수행자 기반의 워크플로우모델[1]의 형태를 지니고 있다. 그 중 업무수행자들간의 사회적 관계와 특정 워크플로우모델에 참여하는 업무수행자들간의 업무를 중심으로 한 협업 활동을 나타내는 소셜 네트워크를 워크플로우 소셜 네트워크(WSSN, Workflow-supported Social Network)라고 정의한다. WSSN을 연구하는 연구주제로는 크게 두 가지가 있다. 하나는 WSSN 발견이고, 다른 하나는 WSSN 재발견이다. 후자의 방법은 [2]에서 처음으로 다루어진 주제로 워크플로우모델의 실행이력인

이벤트 로그에서 소셜 네트워크 지식을 마이닝 하는 것에 연관이 있다. 전자의 방법은 [3]에서 처음으로 다루어진 주제로 업무수행자기반의 워크플로우모델[1] 그룹의 탐색을 통해서 소셜 네트워크 분석 값을 발견한다.

[3]의 논문에서 기본적인 WSSN에 대해 소개하고, 또한 이의 정형표현과 알고리즘에 대해서도 다수의 프레임워크들[4][5]들을 통해 정의되었다. 그러나 기존 프레임워크들은 WSSN과 이의 대표하는 모델에서 연결중심성 분석기법만을 적용, 다각적이지 못한 분석결과를 보여준다. 높은 활용도의 프레임워크구축에는 정교하고 다각적인 분석기법들, 예를 들면 근접중심성, 사이중심성, 고유값중심성, 대응분석 등의 분석기법이 반드시 포함되어야 한다. 그중 근접중심성 분석은 업무수행자들간의 직접적인 업무협업관계에서 더 발전하여 하나의 업무수행자와 다른 업무수행자들간의 업무협업관계를 발견함으로써 좀 더 넓은 시각으로 워크플로우 소셜 네트워크를 분석할 수 있다.

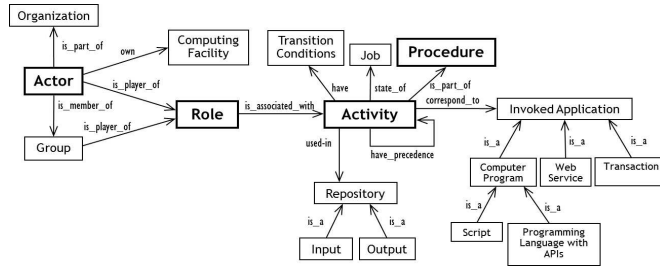
본 논문에서, 우리는 WSSN와 모델의 근접중심성 분석 알고리즘을 제안한다. 더 나아가 구현된 알고리즘을 통해 분석된 근접중심성 결과 값을 나타낸다. 분석 알고

¹ Computer Science, Kyonggi Univ., Iui-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-760, Korea

* Corresponding author (kwang@kyonggi.ac.kr)

[☆] 본 연구는 2012학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

[Received 21 May 2013, Reviewed 3 June 2013, Accepted 6 August 2013]



(그림 1) 워크플로우 메타모델
(Figure 1) Workflow Metamodel

리즘의 최종목표는 WSSN의 정확한 분석 값의 측정하여 업무수행자들간의 관계를 다각적으로 나타내주는 것이다.

2. 관련 연구

최근의 워크플로우 분야에서 프로세스기반 조직의 복잡성과 혁신성 증대에 따른 프로세스 리엔지니어링을 위한 워크플로우 발견 또는 재발견 이슈[6-8]와 업무수행자들간의 소셜 네트워크 분석 이슈[2,3,10]에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문의 연구내용과 관련이 있는 워크플로우 지식의 발견이슈에 대한 연구현황에 대한 지속적인 관찰이 필요하다. 또한 소셜 네트워크 분석분야[11]에는 논문에서 사용되는 네트워크의 중심노드를 분석하는 분석기법인 중심성(Centrality)[12]외에도 노드간의 결속을 나타내주는 결속성(Cohesion), 노드간의 같은 유형의 관계의 정도를 나타내주는 등위성(Equivalence), 노드간의 생기는 공백을 측정하는 구조적 공백(Structural Hole)등의 분석기법에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에는 그 중 중심성부분만 적용하였으나 중심성과 다른 분석기법들과의 관련성이 높기 때문에 다른 분석기법에 관한 연구현황의 지속적인 관찰이 필요하다.

한편, WSSN 관련 연구는 대부분 연결중심성 위주의 분석결과를 도출하였지만, 본 논문에서는 WSSN 근접중심성 분석 알고리즘을 고안하고 신뢰성을 입증함으로써 중심성 분석부분에서 한 단계 발전을 시켰다는 점에서 의미가 있다고 판단된다. 또한, WSSN 관련 기존의 연구 결과는 그 수적인 측면에서도 매우 적을 뿐 만 아니라 주로 페트리넷(Petri-net)[9]을 이론적 기반으로 하고 있다. 본 논문에서 제안한 발견 알고리즘의 이론적 배경은 정보제어넷(ICN, Information Control Net)[6]을 기반으로 함으로써 기존 연구와는 차별화되는 정형적 표현과 시각적 표기를 통해 가독성과 정확성을 높여준다는 점에서 의미

가 있다.

3. WSSN

WSSN 분석기법[2,3]의 기본적 개념은 워크플로우모델 및 시스템이 "사람중심의 소프트웨어 시스템"이라는 개념적 정의로부터 시작된다. 그 중 워크플로우모델은 업무수행자들간의 프로세스기반 협업관계 모델이라고 정의할 수 있으며 또한, 특정 워크플로우모델과 모델의 실행을 수행함에 따라 형성될 수 있는 업무수행자들간의 상호협력관계 네트워크를 WSSN이라고 정의한다. WSSN은 워크플로우 메타모델을 기반으로 정의된 워크플로우모델의 속성정보나 모델의 실행이력으로부터 발견 또는 재발견될 수 있으며, 이로부터 업무수행자들간의 상호 업무협력상황, 업무집중도 및 기여도, 상호업무연관도, 업무소속성 등으로 대표되는 WSSN의 지식을 분석해 낼 수 있다. 본 장에서는 WSSN 지식의 이론적 배경이 되는 워크플로우 메타모델과 WSSN의 기본정의와 기존 ICN기반의 워크플로우모델의 기본개념을 정의하고 이의 정형표현법들에 대해서 정의할 것이다.

3.1 워크플로우 메타모델

워크플로우 메타모델[7]은 워크플로우모델을 기술하는 모델로서 워크플로우모델을 정의하는데 필수적으로 요구되는 객체유형들의 집합과 관계를 정의한 모델이다. 워크플로우 메타모델은 워크플로우모델만 아니라 워크플로우 관리 시스템의 핵심 구성요소를 정의하는 기본 모델이며, 특히 워크플로우모델상의 역할 배경과 업무수행자 할당은 WSSN 개념의 등장과 필요성에 대한 이론적 근거가 된다. (그림 1)은 워크플로우 메타모델을 시각적으로 나타낸 것이다.

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

(집합) 워크플로우 프로세스의 구성객체집합

• 액티비티들의 집합

$$A = \{ \alpha_1, \dots, \alpha_k, \xi_1, \dots, \xi_p, \zeta_1, \dots, \zeta_q, \phi_1, \dots, \phi_s \};$$

- $\alpha_1, \dots, \alpha_k$: 작업액티비티, - ξ_1, \dots, ξ_p : 게이트웨이액티비티, - ζ_1, \dots, ζ_q : 서브프로세스액티비티, - ϕ_1, \dots, ϕ_s : 이벤트액티비티

• 전이조건들의 집합 $T = \{ \tau_1, \dots, \tau_m \};$

(함수) 선행액티비티 함수, $f: \delta = \delta_i \cup \delta_o$; 선행행전이조건 함수, $f: \kappa = \kappa_i \cup \kappa_o$,

- $f: \delta_i: A \rightarrow \mathcal{G}(A)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, α 와 그의 선행액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \delta_o: A \rightarrow \mathcal{G}(A)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, α 와 그의 후행액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \kappa_i: A \rightarrow \mathcal{G}(T)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, α 와 그의 선행전이조건 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \kappa_o: A \rightarrow \mathcal{G}(T)$ 로 정의되는 다중값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, α 와 그의 후행전이조건 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.

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

(집합) 워크플로우모델의 구성객체집합

• 액티비티들의 집합, $A = \{ \alpha_1, \dots, \alpha_n \};$, - $\alpha_1, \dots, \alpha_n$: 작업액티비티

• 역할들의 집합, $R = \{ v_1, \dots, v_m \};$, • 수행자들의 집합, $P = \{ \rho_1, \dots, \rho_k \};$, • $\mathcal{G}(\cdot)$: Power Set

(함수) 역할할당 함수, $f: \epsilon = \epsilon_a \cup \epsilon_p$; 수행자배정함수, $f: \pi = \pi_p \cup \pi_o$;

- $f: \epsilon_p: A \rightarrow R$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 액티비티, α 와 그의 실행을 책임 맡은 하나의 역할과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \epsilon_a: R \rightarrow \mathcal{G}(A)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 역할, v 와 그 역할이 실행책임을 맡고 있는 액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \pi_c: R \rightarrow \mathcal{G}(P)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 수행자, ρ 와 그 수행자 속한 역할 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.
- $f: \pi_p: P \rightarrow \mathcal{G}(R)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 역할, v 와 그 역할에 할당된 수행자 집합과의 매칭을 정의한 함수이다.

3.2 WSSN 정의

앞서 정의한 워크플로우 메타모델을 기반으로 정의된 워크플로우모델의 실행시점에는 그를 구성하는 액티비티들과 그의 실제적인 실행을 위해 할당된 역할과 그에 속한 업무수행자들 중의 한 명을 선정함으로써 해당 액티비티를 수행하게 된다. WSSN 분석기법은 액티비티를 수행하는 업무수행자들간의 상호협력 네트워크를 분석해낸다. WSSN 분석기법을 통해 분석하고자 하는 내용은 다각적인 업무수행자들의 영향력 분석, 이에 대한 구체적인 수치화하는 부분이 있다.

3.3 ICN 기반 워크플로우 정형표현 정의

본 논문에서는 워크플로우 메타모델을 기반으로 하는 워크플로우모델링 표기법으로 ICN을 사용한다. ICN[6]에서는 워크플로우모델을 정형적 표기와 시각적 표기로 정의하고 있다. 이 절에서는 ICN기반의 WSSN를 발견하는데 필수적인 구성요소인 액티비티들의 프로세스(제어흐름)과, 각 액티비티의 역할할당, 그리고 각 역할의 업무수행자배정을 표현하기 위한 정형표현을 정의한다.

3.3.1 워크플로우 프로세스(제어흐름) 정의

워크플로우모델의 핵심은 프로세스 즉, 액티비티들

간의 제어흐름을 정의하는 것이다. 워크플로우 프로세스의 기본구조[6]는 시작이벤트 액티비티와 종료이벤트 액티비티, 그리고 이 두 이벤트액티비티들 사이에 시간적 선후행관계를 이루는 액티비티들의 집합과 각 액티비티가 만족해야 할 전이조건들의 집합으로 정의된다. 워크플로우 프로세스의 기본구조[6]에 대한 정형표현 정의는 정의 1에 정의된다.

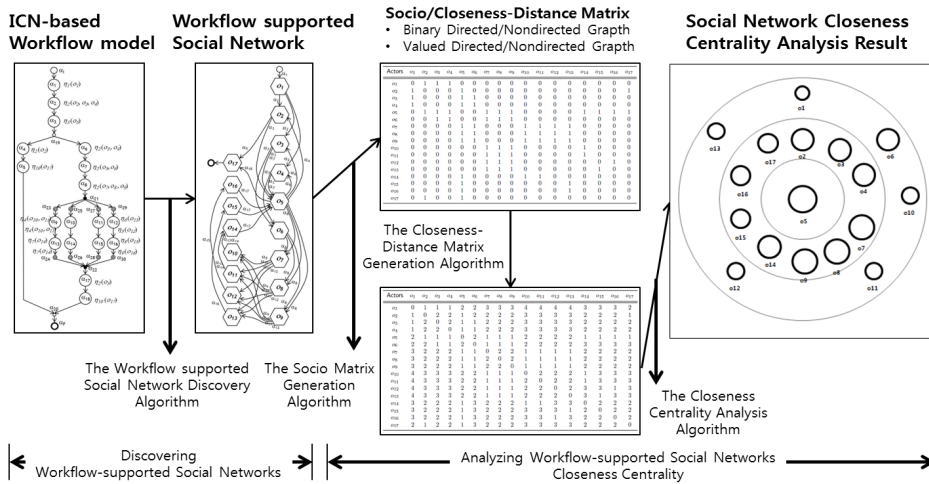
3.3.2 워크플로우 역할 및 수행자 정의

ICN 기반 워크플로우모델[6]에서 워크플로우 액티비티들의 실행을 담당하는 조직측면의 핵심 구성요소가 바로 역할과 수행자 객체를 정의하는 일이다. 역할 객체와 수행자 객체들이 갖는 기본적인 의미는 조직을 이루는 기본요소로서 논리적 조직개념의 역할과 물리적 조직개념의 부서를 모두 포함한다고 가정한다. 이들 역할 및 수행자 정의를 위한 정형표현은 정의 2에서 정의된다.

3.4 WSSN 정형표현 정의

정의 3은 WSSN 모델의 정형표현을 정의한 것이다. WSSN 모델의 정형표현은 워크플로우모델의 구성객체인 액티비티 ($A = \{ \alpha_1, \dots, \alpha_n \}$)와 수행자 ($P = \{ \rho_1, \dots, \rho_k \}$)를 구성요소로 하는 수행자들 간의 소셜관계 함수($\sigma = \sigma_i \cup \sigma_o$)와 각 수행자의 취득 액티비티 함수($\chi = \chi_a \cup \chi_c$)를 통해

[정의 3] WSSN 모델의 정의, $\Lambda = [\text{function}(\alpha, \chi), \text{set}(A, P)]$
 (집합) 워크플로우모델의 구성객체집합
 • 액티비티들의 집합, $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$; , - $\alpha_1, \dots, \alpha_n$: 작업액티비티
 • 수행자들의 집합, $P = \{\rho_1, \dots, \rho_k\}$; , · 수행자들 간의 소셜링크 집합, $P \times P = \{(\rho_i, \rho_j), 1 \leq i, j \leq k\}$; , · $\mathcal{G}(\cdot)$: Power Set
 (함수) 소셜관계 함수, $f: \sigma = \sigma_i \cup \sigma_o$; , 연관액티비티 함수, $f: \chi = \chi_a \cup \chi_c$;
 $f: \sigma_i: P \rightarrow \mathcal{G}(P)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 업무수행자, ρ 와 그의 전임수행자(자신을 포함함)와의 매칭을 정의한 함수이다.
 $f: \sigma_o: P \rightarrow \mathcal{G}(P)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 업무수행자, ρ 와 그의 후임수행자(자신을 포함함)와의 매칭을 정의한 함수이다.
 $f: \chi_a: P \rightarrow \mathcal{G}(A)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 업무수행자, ρ 와 그의 전임수행자와 연관된 액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다. 즉, 업무수행자들간의 소셜링크인 $(\sigma_i(\rho), \rho)$ 의 형성과 연관된 할당 액티비티를 의미한다.
 $f: \chi_c: P \rightarrow \mathcal{G}(A)$ 로 정의되는 단일값 매칭함수로서 어느 특정 업무수행자, ρ 와 그의 후임수행자와 연관된 액티비티 집합과의 매칭을 정의한 함수이다. 즉, 업무수행자들간의 소셜링크인 $(\rho, \sigma_o(\rho))$ 의 형성과 연관된 취득액티비티를 의미한다.



(그림 2) WSSN 근접중심성 프레임워크

(Figure 2) Workflow-supported social network closeness centrality frameworks

정의될 수 있다. 특히, WSSN 모델의 정형적 표현은 집합 이론(Set Theory)의 특수한 확장형인 가방이론(Bag Theory)[12]를 기반으로 한다. 여기서, 가방이론이란 어느 한 집합에서 원소(Member)의 중복성을 허용한 이론으로써 페트리넷이론(Petri Net)[9] 등에서 사용하는 집합이론의 확장형이다.

4. WSSN 근접중심성 분석

이미 여러 중심성 관련 소셜 네트워크 분석기법[12]과 알고리즘이 있다. 그 중 가장 자주 사용되는 분석기법들로 연결(degree), 근접(closeness), 사이(betweenness) 중심성 분석기법들이 있다. 해당 분석기법들의 측정치는 방향, 무방향성 따른 차이뿐만 아니라, 개인수행자, 그룹,

혹은 완벽한 연결망단계에 따라 적용분야가 달라진다. 본 논문에서는 그 중 근접중심성 분석기법을 통해 다양한 분석결과값을 도출해낸다. 근접중심성 측정치는 WSSN에서 수행자들 간의 업무근접도를 반영한다. 궁극적으로, WSSN 근접중심성 분석 값과 알고리즘은 각 수행자가 워크플로우 프로시저와 연관된 다른 모든 수행자들과의 업무교류가 얼마나 근접한지를 구하고 그 값을 수치화하여 의미 있는 결과 값을 도출해낸다.

4.1 WSSN 근접중심성 프레임워크

본 논문에서는 기존 프레임워크를 근접중심성에 맞게 재구성한 WSSN 근접중심성 프레임워크를 고안한다. (그림 2)는 WSSN 근접중심성 프레임워크를 시각적으로 표현한 것이다. 먼저 발견단계에서 우리는 ICN 기반의 위

Input An ICN, $\Gamma = (\delta, \epsilon, \pi, \kappa, I, O)$ **Output** A Workflow-supported Social Network, (σ, χ, S, E)
Begin Procedure
For ($\forall \alpha \in A$) **Do** /* $\sigma = \sigma_i \cup \sigma_o$ */
Add all members of $\pi_c(\epsilon_p(\alpha))$ **To** σ_i (each member of $\pi_c(\epsilon_p(\delta_o(\alpha)))$)
Add all members of $\pi_c(\epsilon_p(\delta_o(\alpha)))$ **To** σ_o (each member of $\pi_c(\epsilon_p(\alpha))$)
 /* $\chi = \chi_a \cup \chi_c$ */
Add all pairs of (α, o) , $\forall o \in \pi_c(\epsilon_p(\alpha))$ **To** χ_a (each member of $\pi_c(\epsilon_p(\delta_o(\alpha)))$)
Add all pairs of (α, o) , $\forall o \in \pi_c(\epsilon_p(\delta_o(\alpha)))$ **To** χ_c (each member of $\pi_c(\epsilon_p(\alpha))$)
Rof
End Procedure

(그림 3) WSSN 발견 알고리즘

(Figure 3) WSSN discovery algorithm

크플로우모델로부터 WSSN 발견 알고리즘을 통해 WSSN모델을 발견한다. (그림 3)은 ICN 기반의 워크플로우 모델을 입력으로 받고 이를 WSSN 모델로 출력해주는 알고리즘이다.

분석단계에서 우리는 이전단계에 생성된 WSSN 모델에서 SocioMatrix 생성 알고리즘을 통해 이진 값 방향/무방향성 SocioMatrix와 상수 값 방향/무방향성 SocioMatrix를 생성한다. 본 논문에서는 4종류의 SocioMatrix중에서 이진 값 무방향성 SocioMatrix를 사용한다. (그림 4)는 WSSN 모델을 입력으로 받아 이진 값 무방향성 SocioMatrix를 출력해주는 알고리즘이다.

알고리즘을 통해 생성된 SocioMatrix를 기반으로 우리는 소셜 네트워크 분석기법을 해당분석기법에 상응하는 알고리즘들을 통해서 계산한다. [3]에서는 WSSN 연결중심성 분석 알고리즘[3]을 통하여 의미 있는 분석결과를 얻어낸다.

본 논문에서는 WSSN 근접중심성 분석 알고리즘을 통하여 업무수행자들간의 업무근접도를 나타낸다.

4.2 WSSN 근접중심성 분석 알고리즘

SocioMatrix를 기반으로, 우리는 [12]의 수식을 적용하여 근접중심성 측정이 가능하다. 즉, 근접중심성의 개념과 측정치를 통해서 합리적인 수준의 분석 결과를 구해 낼 수 있다. 근접중심성 측정은 개개인의 수행자뿐만 아니라 그룹형태의 수행자들에게도 적용가능 하다.

4.2.1 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘

개인 수행자의 근접중심성은 다른 모든 수행자들과의

Input A Workflow-supported Social Network, (σ, χ, S, E)
Output A Binary Nondirected SocioMatrix, $Z[N,N]$, where N is the number elements in the set of C performers.
Begin Procedure
Initialize all entries of $Z[N,N]$ **To** 0
For ($\forall o \in C$) **Do**
 /* Set the Incoming Relations to $Z[N,N]$ */
Set 1 **To** entries of $Z[o]$, each member of $\sigma_i(o)$;
 /* Set the Outgoing Relations to $Z[N,N]$ */
Set 1 **To** entries of $Z[o]$, each member of $\sigma_o(o)$;
Rof
End Procedure

(그림 4) 이진 값 무방향성 SocioMatrix 생성 알고리즘
 (Figure 4) binary nondirected sociomatrix generation algorithm

업무근접도를 나타낸다. WSSN에서 업무근접도는 양자간의 최단경로의 길이를 의미한다. 개인단위 근접중심성의 개념적 의미는 한명의 수행자가 워크플로우 프로시저와 연관된 다른 모든 수행자들과의 업무교류가 얼마나 근접 할지를 의미한다. 결과적으로, 이진 값 무방향성 WSSN 및 g명의 수행자들에 대한 개인단위 근접중심성 지수는 i수행자와 (g-1)명의 다른 수행자들 간의 업무근접도가 계산되어지고, $d(N_i, N_j)$ 는 i와 j수행자간의 업무근접도를 나타낸다.

- 개인단위 근접중심성 지수

$$C_c(N_i) = \frac{1}{\left[\sum_{j=1}^g d(N_i, N_j) \right]} (i \neq j)$$

근접중심성은 최소 2명 이상의 수행자가 있다는 전제 하에 이루어지므로, 단일 수행자에 대한 계산이 불가능하다. 즉, 고립된 수행자에 대한 계산이 불가능하므로 계산된 값이 0이 될 수 없도록 한다. 개인단위 근접중심성 수식을 기반으로, 우리는 모든 개인단위 수행자들의 근접중심성 측정치를 계산할 수 있는 재귀형 알고리즘인 (그림 5)를 고안한다.

4.2.2 일반화된 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘

여기서 개인단위 근접중심성 지수를 일반화하는 이유는 크기가 다른 연결망들 사이의 의미 있는 비교를 하기 위함이다. 근접중심성의 일반화 방법은 개인단위의 근접중심성 지수 값에 (전체수행자-1)을 곱해주면 된다.

<p>Global A Binary Nondirected SocioMatrix, Z[N,N] Global A Set of Individuals, C Global A Set of Traversed Individuals, T</p> <hr/> <p>Procedure Name: iCcMeasurement Input A Binary Nondirected SocioMatrix, Z[N,N] Output Individual Closeness Centralities, $C_C(o_1), \dots, C_C(o_n)$ Local A Distance Matrix, Depth[N,N] Begin Procedure For ($\forall o_i \in C$) For ($\forall o_j \in C, o_i \neq o_j$) Depth(o_i, o_j) \leftarrow 1; Switch ($Z[o_i, o_j]$) case 1: /* o_i와 o_j가 바로연결될 경우. */ $C_C(o_i) \leftarrow C_C(o_i) + \text{Depth}(o_i, o_j)$; break; case 0: /* o_i와 o_j가 바로 연결되지 않을경우. */ T \leftarrow o_i; Depth(o_i, o_j) \leftarrow iDistance(o_i, o_j); $C_C(o_i) \leftarrow C_C(o_i) + \text{Depth}(o_i, o_j)$; break; Ref Ref Return $\frac{1}{C_C(o_i)}, \dots, \frac{1}{C_C(o_n)}$; End Procedure</p>	<p>Procedure Name: iDistance Input The source individual, o_s, and the destination individual, o_d Output The shortest distance between o_s and o_d Local A Set of Distance Values, depth[N] Local A Set of Directed Individuals, D Begin Procedure Initialize ($\text{depth}(o_1), \dots, \text{depth}(o_n)$) \leftarrow N; D \leftarrow \emptyset; T \leftarrow T \cup $\{o_s\}$; For ($\forall o_i \in C$) If ($Z[o_s, o_i] = 1$) D \leftarrow D \cup $\{o_i\}$; Ref For ($\forall o_i \in D$) If ($Z[o_i, o_d] = 1$) $\text{depth}(o_i) \leftarrow$ 1; $\text{depth}(o_i) \leftarrow \text{depth}(o_i) + 1$; Return $\text{depth}(o_i)$; Fi Ref For ($\forall o_i \in D \wedge o_i \notin T$) $\text{depth}(o_i) \leftarrow$ iDistance(o_i, o_d) + 1; D \leftarrow D - $\{o_i\}$; Ref Return Minimum($\text{depth}(o_1), \dots, \text{depth}(o_m)$); /* m은 D의 총 내부개수이다. */ End Procedure</p>
---	---

(그림 5) 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘
 (Figure 5) Individual Closeness Centrality analysis algorithm

- 일반화된 개인단위 근접중심성 지수

$$C_C^S(N_i) = (g - 1) \cdot [C_C(N_i)]$$

알고리즘 4는 일반화된 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘으로 수식과 마찬가지로 개인단위 근접중심성 지수 값에 (전체수행자-1)의 값을 곱해주는 알고리즘이다.

```

Global A Set of Individuals, C
Procedure Name: iCStdMeasurement
INPUT individual Closeness Centralities,  $C_C(o_1), \dots, C_C(o_n)$ 
OUTPUT Standardized Closeness Centralities,  $C_C^S(o_1), \dots, C_C^S(o_n)$ 
Begin Procedure
For ( $\forall o_i \in C$ )
     $C_C^S(o_i) \leftarrow (C-1) \times C_C(o_i)$ ;
Ref
Return  $C_C^S(o_1), \dots, C_C^S(o_n)$ ;
End Procedure
    
```

(그림 6) 일반화된 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘
 (Figure 6) standardized closeness centrality analysis algorithm

4.2.3 그룹 근접중심성 분석 알고리즘

그룹 근접중심성은 연결망 내의 근접중심성 계층구조를 분산측정으로 표시한다. 즉, 그룹 근접중심성은 주어진 연결망의 수행자들 사이의 근접중심성 범위의 차이 값을 의미한다.

- 그룹 근접중심성 지수

$$C_C = \frac{\sum_{i=1}^g [C_C^S(N^*) - C_C^S(N_i)]}{[(g-2)(g-1)](2g-3)}$$

수식에서 $C_C^S(N^*)$ 는 연결망내의 가장 큰 개인단위 근접중심성을 나타내고, $C_C^S(N_i)$ 는 그 외 다른 개인단위 근접중심성을 나타낸다. 그룹 근접중심성 지수 최댓값은 1.0이다. 그룹 근접중심성 값이 1에 가까울수록 연결망 분포상태는 불규칙하고, 그룹 근접중심성 값이 0에 가까울수록 연결망은 고르게 분포한다. 알고리즘 5는 그

그룹 근접중심성 분석 알고리즘을 나타낸다. 본 논문에서 우리는 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘뿐만 아니라 일반화된 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘과 그룹 근접중심성 분석 알고리즘 고안하였다.

```

Global A Set of Individuals, C
Procedure Name: gCcMeasurement
INPUT Standardized Closeness Centralities,  $C_C^c(o_1), \dots, C_C^c(o_n)$ 
OUTPUT Group Closness Centrality  $C_C$ 
Begin Procedure
  div  $\leftarrow (C-2) \times (C-1) / (2C-3)$ ;
  For ( $\forall o_i \in C$ )
     $C_C \leftarrow C_C + ((\text{Maximum}(C_C^c) - C_C^c(o_i)) / \text{div});$ 
    /* Maximum은 집합내의 최대값을 반환한다. */
  Rof
  Return  $C_C$ ;
End Procedure
    
```

(그림 7) 그룹 근접중심성 분석 알고리즘 (Figure 7) group closeness Centrality analysis algorithm

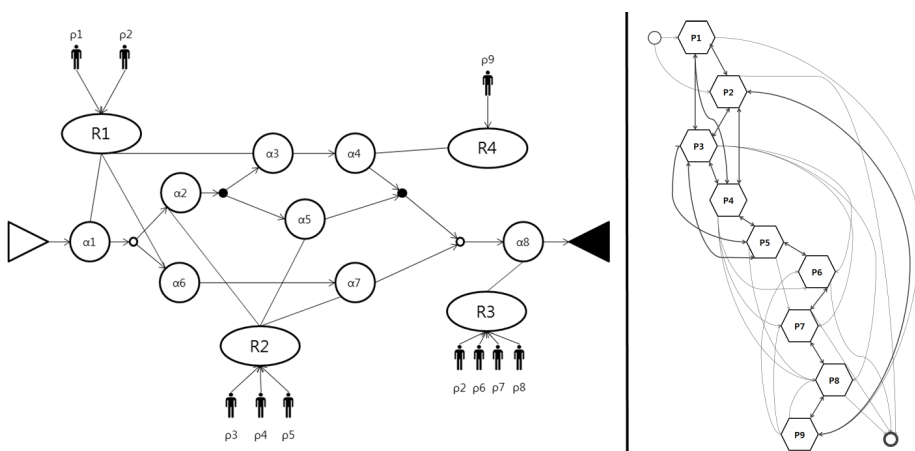
(그림 5), (그림 6), (그림 7)의 알고리즘들은 크게 근접중심성 분석을 위한 하나의 큰 알고리즘을 분리해놓은 형태이다. 프로시저를 분리함으로써 알고리즘의 역할 분리 및 수정 및 관리에 있어서 효율성이 높아졌고, 특히 재귀형 알고리즘을 사용한 (그림 5)의 알고리즘은 업무 수행자들간의 업무근접도를 구함에 있어 수치가 중복되거나 누락되는 부분을 효과적으로 방지함으로써 높은 효

용성을 지닌다.

4.3 근접중심성 분석 알고리즘 적용

이 절에서는 앞서 고안한 WSSN 발견알고리즘을 (그림 8)의 좌측 ICN 기반 워크플로우모델에 적용함으로써 알고리즘의 정확성을 검증하고, 발견된 결과 값을 가지화한 (그림 8)의 우측 WSSN 모델을 분석하기 위한 SocioMatrix생성과 이를 활용해 모든 수행자들끼리의 업무 근접도를 저장하는 근접거리 행렬을 생성하고, 근접중심성 분석 알고리즘을 통해 개인단위 근접중심성, 일반화된 개인단위 근접중심성, 그룹 근접중심성 값을 구한다.

(그림 8)의 WSSN에 (그림 4)의 알고리즘을 적용시키면 (표 1)의 좌측 표, 이진 값 무방향성 SocioMatrix가 출력된다. (표 1)의 SocioMatrix를 (그림 5) 알고리즘의 입력 값으로 넣어주면 (표 1)의 우측 표, 근접거리 행렬이 출력된다. 근접거리 행렬은 수행자들 간의 업무근접도를 저장해놓은 행렬이다. (그림 5) 알고리즘에서는 위와 같은 행렬을 통해 개인단위 근접중심성 측정값을 출력하고 (그림 6)에서는 (그림 5)에서 출력된 개인단위 근접중심성 측정값을 입력받아 일반화된 개인단위 근접중심성 측정값을 출력한다. 마지막으로 일반화된 개인단위 근접중심성 측정값을 (그림 7) 알고리즘의 입력 값으로 입력하면 최종적으로 0과 1사이의 그룹 근접중심성 측정값이 출력된다. (표 2)는 일련의 과정을 거친 근접중심성 결과 값이다.



(그림 8) 적용할 ICN 기반 워크플로우모델(좌)과 WSSN(우)모델 (Figure 8) ICN-based workflow model(left), Workflow-supported social network model (right)

(표 1) 이진 무방향 Socio 행렬(좌), 근접거리 행렬(우)
 (Table 1) Binary nondirected socio matrix(left), closeness-distance matrix(right)

업무 수행자	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
P2	0	0	1	1	1	0	0	0	1
P3	1	1	0	0	0	1	1	1	0
P4	1	1	0	0	0	1	1	1	0
P5	1	1	0	0	0	1	1	1	0
P6	0	0	1	1	1	0	0	0	1
P7	0	0	1	1	1	0	0	0	1
P8	0	0	1	1	1	0	0	0	1
P9	1	1	0	0	0	1	1	1	0

업무 수행자	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	0	2	1	1	1	2	2	2	1
P2	2	0	1	1	1	2	2	2	1
P3	1	1	0	2	2	1	1	1	2
P4	1	1	2	0	2	1	1	1	2
P5	1	1	2	2	0	1	1	1	2
P6	2	2	1	1	1	0	2	2	1
P7	2	2	1	1	1	2	0	2	1
P8	2	2	1	1	1	2	2	0	1
P9	1	1	2	2	2	1	1	1	0

(표 2) 근접중심성 분석 결과 표
 (Table 2) Closeness centrality analysis results table

C \ P	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
$C_c(N_i)$	1/12	1/12	1/11	1/11	1/11	1/12	1/12	1/12	1/11
$C_c(N_i)$	0.6666	0.6666	0.7272	0.7272	0.7272	0.6666	0.6666	0.6666	0.7272
C_c	0.0606	0.0606	0	0	0	0.0606	0.0606	0.0606	0
0.0812									

지금까지 하나의 ICN 기반의 워크플로우모델을 예시로 들어서 본 논문에서 고안한 WSSN 근접중심성 분석 알고리즘을 적용하였고, 올바른 분석 결과를 도출함으로써 알고리즘의 신뢰성을 검증하였다.

5. 결론 및 향후연구

지금까지 본 논문에서는 WSSN 지식모델의 기본 개념을 정의하였고, 근접중심성의 기본개념을 정의하였다. 또한 WSSN 근접중심성 분석 알고리즘을 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘, 일반화된 개인단위 근접중심성 분석 알고리즘, 그룹 근접중심성 분석 알고리즘으로 분리하여 제안하였다. 그리고 제안된 알고리즘들의 신뢰성을 입증하기 위해서 ICN 기반의 워크플로우모델을 예시로 들어 제안된 알고리즘들을 통해 올바른 결과 값을 도출해냄으로써 그 신뢰성을 입증하였다.

향후연구 주제로는 이론적으로 설계된 알고리즘과 가시화기법을 실제계 비즈니스 환경에서 쓰일 수 있도록 구현하는 문제가 남아있다. 더 나아가 알고리즘의 범위도 무방향성이긴 값 모델이 아닌 방향성 상수 값 모델을 적용시킴으로써 더 자세하고 세밀한 분석 결과 값을 도출하고자 한다.

참고 문헌(Reference)

- [1] Kwanghoon Kim, "Actor-oriented Workflow Model," Proceedings of the 2nd international symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications, Wollongong, AUSTRALIA, March 27-28, pp. 163-177, 1999
- [2] 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
- [3] Jihye Song, et al., "A Framework: Workflow-based Social Network Discovery and Analysis," Proceedings of the 4rd International Workshop on Workflow Management in Service and Cloud Computing, Hongkong, China, December, pp. 421-426, 2010
- [4] Jaekang Won, "A Framework: Organizational Network Discovery on Workflows," Ph.D. Dissertation, Department of Computer Science, Kyonggi University, 2008
- [5] Kwanghoon Kim, "A Workflow-based Social Network Discovery and Analysis System," Proceedings of the International Symposium on Datadriven Process Discovery and Analysis, Campione d'Italia, ITALY, June 29-July 1, pp. 163-176, 2011
- [6] Kwanghoon Kim, Clarence A. Ellis, "Section II / Chapter VII. An ICNbased Workflow Model and Its Advances," Handbook of Research on BP Modeling, pp. 142-172, IGI Global, ISR, pp. 142-172, 2009

- [7] 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
- [8] 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
- [9] A. Rozinat, et al., "Discovering Simulation Models," Information Systems, Vol.34, pp.305-327, 2009
- [10] 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
- [11] David Knoke, Song Yang, Social Network Analysis - 2nd Edition, Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, SAGE Publications, 2008
- [12] Freeman, Linton C, "Centrality in social networks conceptual clarification." Social networks 1.3, pp.215-239, 1979

● 저 자 소 개 ●

박 성 주



2012년 성결대학교 컴퓨터공학부(학사)
 2012년~현재 경기대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사 과정
 관심분야 : 워크플로우/비피엠 기술, 비즈니스 프로세스 인텔리전스, BPMN
 E-mail : npk1234@kgu.ac.kr

김 광 훈



1984년 경기대학교 전자계산학과(학사)
 1986년 중앙대학교 전자계산학과(석사)
 1994년 University of Colorado at Boulder Department of Computer Science, MS
 1998년 University of Colorado at Boulder Department of Computer Science, Ph.D.
 1986년 2월~1991년 8월 한국전자통신연구원 연구원
 2005년 3월~2010년 2월 University of Colorado at Boulder Department of Computer Science, 방문교수
 2007년 7월~2010년 6월 콘텐츠융합소프트웨어연구센터장
 1998년 3월~현재 경기대학교 컴퓨터과학과 정교수
 2002년 3월~현재 비피엠코리아포럼 부회장
 2003년 1월~현재 WfMC ERC Vice-chair
 2003년 1월~현재 TTA 정보통신국제표준전문가
 2000년 1월~현재 한국인터넷정보학회 이사, 부회장
 관심분야 : 워크플로우/비피엠 기술, RFID/USN 미들웨어 기술, Collaboration Technology
 E-mail: kwang@kgu.ac.kr