

인적 자원 소속성 분석을 위한 역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘

김 학 성

동남보건대학교 보건3D프린팅융합과

A Role-Performer Bipartite Matrix Generation Algorithm for Human Resource Affiliations

Hak-Sung Kim

Department of Convergent Health Science and 3D Printing, Dongnam Health University, Suwon 16328, Korea

[요 약]

본 논문에서는 BPM기반 인적 자원 소속성 분석을 위한 역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 정보제어넷 기반의 비즈니스 프로세스 모델로부터 역할-수행자 소속 관계를 추출하는 단계와 이로부터 역할-수행자 이분 행렬을 생성하는 단계로 구성된다. 결론적으로 생성된 행렬은 역할-수행자 소속성 네트워크 지식을 발견하기 위한 데이터 구조로서 활용될 뿐 아니라 소셜 네트워크 분석 기법을 적용하여 BPM 기반 인적 자원 소속성 분석 결과를 도출할 수 있다.

[Abstract]

In this paper we propose an algorithm for generating role-performer bipartite matrix for analyzing BPM-based human resource affiliations. Firstly, the proposed algorithm conducts the extraction of role-performer affiliation relationships from ICN(Information Control Net) based business process models. Then, the role-performer bipartite matrix is constructed in the final step of the algorithm. Conclusively, the bipartite matrix generated through the proposed algorithm ought to be used as the fundamental data structure for discovering the role-performer affiliation networking knowledge, and by using a variety of social network analysis techniques it enables us to acquire valuable analysis results about BPM-based human resource affiliations.

책임어 : 이분 행렬, 비즈니스 프로세스 관리, 인적자원 관리, 정보제어넷, 역할-수행자 소속성 네트워크

Key word : Bipartite Matrix, Business Process Management, Human Resource, Information Control Net, Role-Performer Affiliation Network

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.1.149>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 25 October 2017; **Revised** 31 October 2017

Accepted 29 January 2018

***Corresponding Author; Hak-Sung Kim**

Tel: +82-031-249-6534

E-mail: amang@dongnam.ac.kr

I. 서론

비즈니스 프로세스 관리(BPM ; business process management[1], 이하 BPM)는 조직 경영에서 중요한 자산으로 인식되는 비즈니스 프로세스들을 효과적으로 수행 및 운용하기 위한 경영 방법론이다. 이를 시스템 차원에서 지원하기 위한 비즈니스 프로세스 관리 시스템(BPMS ; business process management system, 이하 BPMS)은 비즈니스 프로세스 실행의 자동화를 비롯해, 실행에 관련된 인적 자원 및 입출력 데이터, 응용 소프트웨어 및 레거시 시스템 등을 연계 및 통합 하는 기능을 제공한다. 일반 사무업무를 비롯해 제조, 회계, 과학실험 등의 다양한 산업 분야의 실무에서 적용되고 있다.

BPMS의 도입 사례가 증가함에 따라 다양한 프로세스 마이닝에 관한 연구[2]와 비즈니스 프로세스를 담당 및 처리하는 BPM 기반 인적 자원에 대한 효율적·효과적 관리의 중요성이 강조되고 있다. 즉, BPMS는 비즈니스 프로세스를 수행하는 사람을 위한 경영정보 시스템이므로, 비즈니스 프로세스 수행의 정량적·정성적 성과는 BPM 기반 인적 자원을 위한 지원 및 관리 체계의 효율성에 의존적이다. BPM 기반 인적 자원 관리와 관련 이슈 - 예를 들어 인적 자원 할당 문제, 업무 부하 배분 문제 등 - 들이 존재하지만, 본 논문에서는 BPMS에서 인적 자원 간의 업무 네트워크 분석을 위하여 프로세스 기반 인적 자원 소속성 분석을 위한 역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘을 제안한다.

역할은 비즈니스 프로세스 수행에 관련된 직무 범위 및 권한에 대응되는 논리적 조직 단위이며, 수행자는 비즈니스 프로세스를 수행하는 인적 자원이다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 정보제어넷(ICN ; information control net[3]) 기반 비즈니스 프로세스 모델의 정의 정보로부터 역할-수행자 사이의 소속 관계들을 추출하고, 최종적으로 역할-수행자 이분 행렬을 생성한다. 생성된 행렬은 역할-수행자 소속성 네트워크 지식을 발견하기 위한 기본 자료 구조로서 활용되며, 다양한 소셜 네트워크 분석 기법[4]을 활용하여 통해 BPM 기반 인적 자원 분석 결과를 도출할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 BPM 기반 인적 자원 분석에 대한 관련 연구들을 기술하며, 3장에서는 본 논문의 이론적 토대인 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델에 대해 설명한다. 4장에서는 역할-수행자 소속성 네트워크의 기본적 정의와 이에 대한 이분 행렬 생성 알고리즘에 대해 설명하며, 5장에서는 역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘을 제안하고 6장에서는 논문의 결론을 맺는다.

II. 관련연구

BPM 기반 인적 자원 관리에 대한 중요성이 강조되면서, 이와 관련된 다양한 연구들이 선행되었다. 특히, 비즈니스 프로세

스 모델에 명세된 정의 정보로부터 BPM 기반 인적 자원을 분석하기 위한 많은 연구 사례들이 있었다.

[5]에서는 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델로부터 비즈니스 프로세스 수행자를 노드로 하는 1-mode 네트워크를 분석하여 BPM 기반 인적 자원의 업무 네트워크를 발견 및 분석하기 위한 기본적인 프레임워크를 제안하였다. 실행 예제로서 추출된 업무 네트워크에 연결 중심성(degree centrality[4]) 분석을 적용하여 BPM 기반 인적 자원의 업무 기여도를 정량적으로 측정하고자 하였다. 그러나 본 논문은 수행자와 역할을 노드로 하는 2-mode 네트워크를 대상으로 이들 간의 소속성을 분석하는 것에 초점을 맞추기 때문에 상기에서 언급된 관련 연구와의 차이점을 가진다.

본 연구와 밀접한 관련 연구로서 BPM 기반 인적 자원의 소속성 분석에 대한 선행 연구들이 있었다. [6]에서는 수행자와 비즈니스 프로세스를 구성하는 단위 업무들 간의 소속성을 분석하기 위한 프레임워크를 제안하였다. 또한 [7][8]에서와 같이 구현 도구를 통해 수행자-업무 소속성 네트워크의 분석 결과를 시각화하였다. 본 논문에서는 역할-수행자 소속성과 같은 다른 유형의 업무 네트워크 지식을 다루는 점에서 해당 관련 연구와의 차별성을 가진다.

III. 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델

본 장에서는 역할-수행자 소속성 네트워크에 대한 이론적 배경으로 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델의 정형적 정의와 모델의 명세에 대하여 설명한다.

정보제어넷[3]은 비즈니스 프로세스를 정형적, 시각적으로 표현하기 위한 이론적 명세 방법론이다. 그림 1은 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스를 명세하기 위한 메타 모델을 나타낸다. 메타 모델은 비즈니스 프로세스를 명세하기 위한 필수 개체 유형들과 이들 간의 연결 관계로 표현되며, 비즈니스 프로세스, 단위 업무, 수행자, 역할, 입출력 데이터, 호출 애플리케이션 등이 개체 유형에 포함된다.

그림 1의 메타 모델을 바탕으로 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델은 $M = (\delta, \rho, \gamma, \lambda, \epsilon, \pi, \kappa, I, O)$ 와 같이 9-튜플로 구성된 정형적인 표현으로 나타낼 수 있다.[3] 본 논문에서는 비즈니스 프로세스 모델의 정의 정보에서 조직 관점의 개체 유형인 역할과 수행자 간의 소속 관계를 추출하고 이를 이분 행렬의 형태로 생성하는 과정을 다룬다. [정의 1]은 조직 관점의 정보제어넷 비즈니스 프로세스 모델의 정형적 정의를 나타낸다. 여기서 R은 역할들의 집합을, P는 수행자들의 집합을 나타낸다.

[정의 1] 조직 관점의 정보제어넷 비즈니스 프로세스 모델,
 $M_R = [\text{function}(\epsilon, \pi), \text{set}(A, P, R)]$

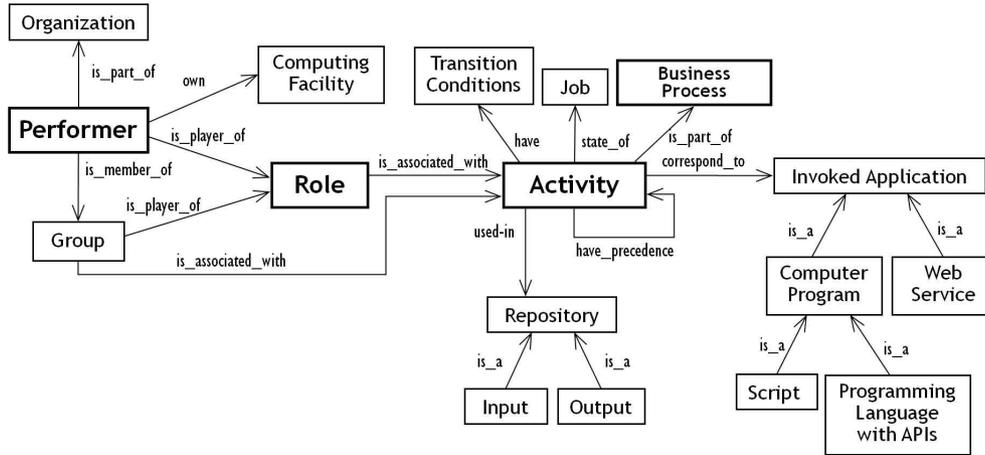


그림 1. 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 메타모델
 Fig. 1. The Meta-model of ICN-based Business Process

- 단위 업무들의 집합, $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_i\}$;
- 수행자들의 집합, $P = \{\varphi_1, \dots, \varphi_j\}$;
- 역할들의 집합, $R = \{\rho_1, \dots, \rho_k\}$;
- $\epsilon = \epsilon_r \cup \epsilon_a$, 단위 업무와 역할간 할당 함수
 - $\epsilon_r : A \rightarrow R$ 는 특정 단위 업무를 입력받아, 그 단위 업무를 담당하는 단일의 역할을 출력하는 단일 값 함수이다.
 - $\epsilon_a : R \rightarrow A$ 는 특정 역할을 입력받아, 그 역할이 담당하는 다수의 단위 업무들을 출력하는 다중 값 함수이다.
- $\pi = \pi_p \cup \pi_r$, 수행자와 역할간 할당 함수
 - $\pi_p : R \rightarrow P$ 는 특정 역할을 입력받아, 그 역할에 소속되어 있는 다수의 수행자들을 출력하는 다중 값 함수이다.
 - $\pi_r : P \rightarrow R$ 은 특정 수행자를 입력받아, 그 수행자가 소속 되어 있는 다수의 역할들을 출력하는 다중 값 함수이다.

그림 2는 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델의 예제를 나타낸다.

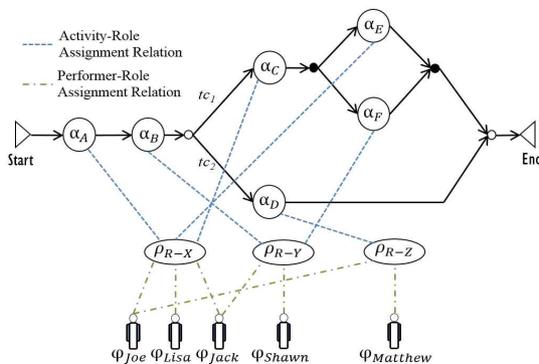


그림 2. 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델 예제
 Fig. 2. An Example of ICN-based Business Process

그림과 같이 비즈니스 프로세스의 제어 흐름은 다수의 단위 업무들과 이들 사이의 실행 순서로 정의된다. 또한 조직적 관점의 비즈니스 프로세스 정의에서는 일반적으로 각각의 단위 업무와 이를 담당하는 역할들이 할당되며, 각각의 역할에 다수의 수행자들이 할당되는 관계로 정의된다.

IV. 역할-수행자 소속성 네트워크 발견

본 장에서는 역할-수행자 소속성 네트워크의 정형적 정의와 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델로부터 이를 발견하기 위한 과정에 대해 설명한다.

4-1 역할-수행자 소속성 네트워크

상기에 정의된 내용과 같이 조직관점의 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델은 일련의 단위 업무들과 각각의 단위 업무를 담당하는 역할간의 할당 관계, 그리고 각각에 역할에 소속되어 있는 수행자들과의 할당 관계를 통해 정의된다. 이를 기반으로 역할-수행자 소속성 네트워크는 비즈니스 프로세스 모델에 정의된 역할과 수행자들과의 소속 관계를 나타내는 네트워크라고 정의할 수 있다.

[정의 2]는 역할-수행자 소속성 네트워크의 정형적 정의를 나타낸다. 여기서 R 은 역할들의 집합을 의미하며, P 는 수행자들의 집합을 그리고 V 는 역할과 수행자간 연결 관계의 가중치 집합을 나타낸다. 추가적으로 E_p 는 수행자와 역할간의 간선 집합, E_r 은 역할과 수행자간의 간선 집합을 나타낸다.

[정의 2] 수행자-역할 소속성 네트워크, $A = [\text{function}(\sigma, \psi), \text{set}(P, R, V, E_p, E_r)]$

- 수행자들의 집합, $P = \{\varphi_1, \dots, \varphi_j\}$;

- 역할들의 집합, $R = \{\rho_1, \dots, \rho_k\}$;
- 간선 가중치 집합, V ;
- 수행자-역할간 간선 집합, $E_p = P \times R = \{(\varphi_m, \rho_n), 1 \leq m \leq j; 1 \leq n \leq k\}$;
- 역할-수행자간 간선 집합, $E_r = R \times P = \{(\rho_m, \varphi_n), 1 \leq m \leq k; 1 \leq n \leq j\}$;
- $\sigma = \sigma_r \cup \sigma_v$ /* 역할 소속 관계 함수 */
 - $\sigma_r: P \rightarrow R$ 은 특정 수행자를 입력받아, 그 수행자가 소속된 다수의 역할들을 출력하는 다중 값 함수이다.
 - $\sigma_v: E_p \rightarrow V$ 는 특정 수행자와 특정 역할간의 연결 관계 (φ_i, ρ_j) 를 입력받아, 해당 관계에 대한 가중치를 출력하는 단일 값 함수이다.
- $\psi = \psi_p \cup \psi_v$ /* 수행자 소속 관계 함수 */
 - $\psi_p: R \rightarrow P$ 는 특정 역할을 입력받아, 그 역할에 소속된 다수의 수행자들을 출력하는 다중 값 함수이다.
 - $\psi_v: E_r \rightarrow V$ 는 특정 역할과 특정 수행자간의 연결 관계 (ρ_i, φ_j) 를 입력받아, 해당 관계에 대한 가중치를 출력하는 단일 값 함수이다.

역할-수행자 소속성 네트워크는 역할과 수행자 간의 소속 관계를 나타내므로, 단일 비즈니스 프로세스 모델을 분석 대상으로 할 경우, 이진(binary) 형태의 소속성 네트워크가 생성된다. 이는 특정 역할과 수행자 간의 소속 여부만을 나타낸다. 만약 다수의 비즈니스 프로세스 모델을 분석할 경우, 가중(weighted)치를 활용한 소속성 네트워크를 분석하며 특정 수행자가 특정 역할에 소속된 빈도를 나타내게 되므로 보다 의미 있는 역할-수행자 소속 관계 지식을 추출할 수 있다.

표 1. 수행자-역할 소속성 네트워크 발견 알고리즘
Table 1. The Performer-Role Affiliation Network Discovery Algorithm

Algorithm: Performer-Role Affiliation Network Discovery	
Input	A Set of ICN-based Business Process Models, Ω ;
Output	A Performer-Role Affiliation Network, $\Lambda = (\sigma, \psi)$;
1 Begin Procedure	
2 For ($\forall M_R \in \Omega$) Do	/* For all business process models of Ω */
3 For ($\forall \varphi_i \in P$) Do	/* For all members of the performer set, P */
4 Add $\forall \rho \vdash \pi_r(\varphi_i)$ To $\sigma_r(\varphi_i)$;	
5 Add 1 To $\forall e \in E_p \vdash (\varphi_i, \sigma_r(\varphi_i))$;	
6 End For	
7 For ($\forall \rho_j \in R$) Do	/* For all members of the role set, R */
8 Add $\forall \varphi \vdash \pi_p(\rho_j)$ To $\psi_p(\rho_j)$;	
9 Add 1 To $\forall e \in E_r \vdash (\rho_j, \psi_p(\rho_j))$;	
10 End For	
11 End For	
12 End Procedure	

4-2 역할-수행자 소속성 네트워크 발견 알고리즘

표 1은 조직 관점의 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델 집합(Ω)으로부터 앞서 정의한 역할-수행자 소속성 네트워크($\Lambda = (\sigma, \psi)$)를 발견하기 위한 알고리즘을 나타낸다.

알고리즘에 의해 발견되는 소속성 네트워킹 지식은 역할의 수행자 소속 지식($\psi = \psi_p \cup \psi_v$)과 수행자의 역할 소속 지식($\sigma = \sigma_r \cup \sigma_v$)으로 구분된다. 또한 표 1의 알고리즘을 예제 비즈니스 프로세스 모델에 적용하여 추출된 역할-수행자 소속성 네트워크를 정형적으로 나타낸 결과는 다음과 같다. 단일 모델로부터 추출한 결과이므로, 이진 형태의 네트워크가 생성된 것을 알 수 있다.

- 수행자의 역할 소속 지식, $\sigma = \sigma_r \cup \sigma_v$
 - $\pi_r(\varphi_{Joe}) = \{\rho_{R-X}, \rho_{R-Z}\}$;
 - $\pi_r(\varphi_{Lisa}) = \{\rho_{R-X}\}$;
 - $\pi_r(\varphi_{Jack}) = \{\rho_{R-X}, \rho_{R-Y}\}$;
 - $\pi_r(\varphi_{Shawn}) = \{\rho_{R-Y}\}$;
 - $\pi_r(\varphi_{Matthew}) = \{\rho_{R-Z}\}$;
 - $\pi_v(\varphi_{Joe}, \rho_{R-X}) = \{1\}$; $\pi_v(\varphi_{Joe}, \rho_{R-Z}) = \{1\}$;
 - $\pi_v(\varphi_{Lisa}, \rho_{R-X}) = \{1\}$;
 - $\pi_v(\varphi_{Jack}, \rho_{R-X}) = \{1\}$; $\pi_v(\varphi_{Jack}, \rho_{R-Y}) = \{1\}$;
 - $\pi_v(\varphi_{Shawn}, \rho_{R-Y}) = \{1\}$;
 - $\pi_v(\varphi_{Matthew}, \rho_{R-Z}) = \{1\}$;
- 역할의 수행자 소속 지식, $\psi = \psi_p \cup \psi_v$
 - $\psi_p(\rho_{R-X}) = \{\varphi_{Joe}, \varphi_{Lisa}, \varphi_{Jack}\}$;
 - $\psi_p(\rho_{R-Y}) = \{\varphi_{Jack}, \varphi_{Shawn}\}$;
 - $\psi_p(\rho_{R-Z}) = \{\varphi_{Joe}, \varphi_{Matthew}\}$;
 - $\psi_v(\rho_{R-X}, \varphi_{Joe}) = \{1\}$; $\psi_v(\rho_{R-X}, \varphi_{Lisa}) = \{1\}$;
 - $\psi_v(\rho_{R-X}, \varphi_{Jack}) = \{1\}$;
 - $\psi_v(\rho_{R-Y}, \varphi_{Jack}) = \{1\}$; $\psi_v(\rho_{R-Y}, \varphi_{Shawn}) = \{1\}$;
 - $\psi_v(\rho_{R-Z}, \varphi_{Joe}) = \{1\}$; $\psi_v(\rho_{R-Z}, \varphi_{Matthew}) = \{1\}$;

위의 정형 명세 결과와 같이 수행자의 역할 소속 지식은 특정 수행자가 소속된 역할들과의 연결 강도를 나타내며, 역할의 수행자 소속 지식은 특정 역할에 소속된 수행자들과의 연결 강도를 나타낸다.

또한 그림 3은 발견 알고리즘을 통해 추출된 역할-수행자 소속성 네트워크를 이분 그래프의 형태로 나타낸 결과이다.

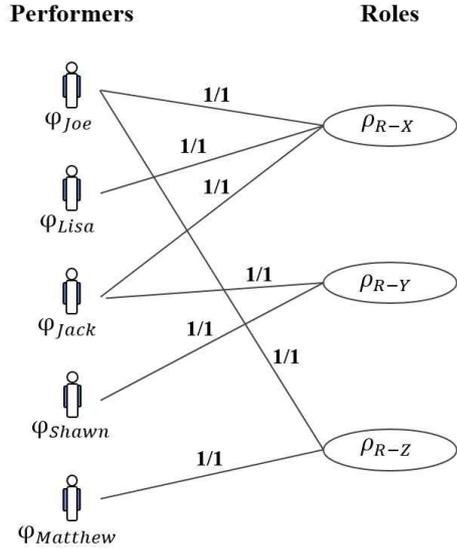


그림 3. 추출된 역할-수행자 이분 그래프
Fig. 3. The Extracted Role-Performer Bipartite Graph

V. 역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘

본 장에서는 추출된 역할-수행자 소속성 네트워크에 다양한 소셜 네트워크 분석 기법을 적용하기 위한 과정을 기술한다. 이를 위하여 첫 번째 단계로 역할과 수행자 간의 연결 관계를 표현하는 이분 행렬(bipartite matrix)의 형태로 표현을 하게 된다. 이와 같은 이분 행렬을 본 논문에서는 역할-수행자 이분 행렬(Role - Performer Bipartite Matrix)이라고 정의하고 역할-수행자 이분 행렬의 정의와 이를 생성하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

5-1 역할-수행자 이분 행렬

역할-수행자 이분 행렬은 역할과 수행자와 같이 두 유형의 노드들을 이용하여 이들 사이의 소속 관계를 나타내는 이분 행렬이다. 즉, 역할-수행자 이분 행렬 $X^{R,P}$ 는 역할 중심의 부분 행렬 ($Z_R[r_{i,j}]_{n \times m}$)과 수행자 중심의 부분 행렬 ($Z_P[p_{i,j}]_{m \times n}$)로 이루어진 대칭 행렬의 형태로 정의될 수 있다. 여기서 m 은 전체 수행자의 수이며, n 은 전체 역할의 수를 나타낸다. 그러므로 $X^{R,P}$ 의 크기는 $(m+n) \times (m+n)$ 이며, 이를 구성하는 각각의 부분 행렬 Z_R 와 Z_P 의 원소 값 $r_{i,j}$ 와 $p_{i,j}$ 의 할당 조건은 다음과 같다.

$$r_{i,j} = \begin{cases} 1: \text{역할 } \rho_i \text{에 수행자 } \varphi_j \text{가 소속됨.} \\ 0: \text{역할 } \rho_i \text{에 수행자 } \varphi_j \text{가 소속되지 않음.} \end{cases} \quad (1)$$

$$p_{i,j} = \begin{cases} 1: \text{수행자 } \varphi_i \text{는 역할 } \rho_j \text{에 소속됨.} \\ 0: \text{수행자 } \varphi_i \text{는 역할 } \rho_j \text{에 소속되지 않음.} \end{cases} \quad (2)$$

역할에 대한 부분 행렬 Z_R 의 각 행의 합계(D_r)는 각각의 역할에 소속된 수행자의 수를 나타내며, 수행자에 대한 부분 행렬 Z_P 의 각 행의 합계(D_p)는 각각의 수행자가 소속된 역할의 수를 나타낸다. 전체 합계에 대한 수식은 다음과 같다.

$$\overline{D_r} = \left[\sum_{j=1}^m r_{i,j} \right]_{i=1}^n \quad (3)$$

$$\overline{D_p} = \left[\sum_{j=1}^n p_{i,j} \right]_{i=1}^m \quad (4)$$

5-2 역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘

역할-수행자 이분 행렬 생성 알고리즘은 표 2와 같다. 제안 알고리즘의 입력은 역할-수행자 소속성 네트워크 ($A = (\sigma, \psi)$)이며, 출력은 역할-수행자 이분 행렬 ($X^{R,P}$)이다. $X^{R,P}$ 은 역할의 수행자 소속 지식을 나타내는 행렬 Z_R 과 수행자의 역할 소속 지식을 나타내는 행렬 Z_P 를 포함하는 대칭 행렬이다.

표 3은 그림 3과 같이 예제 비즈니스 프로세스 모델로부터 추출된 역할-수행자 소속성 네트워크에 표 2의 알고리즘을 적용하여 생성된 역할-수행자 이분 행렬을 나타낸다.

표 2. 수행자-역할 이분 행렬 생성 알고리즘

Table 2. Performer-Role Bipartite Matrix Generation Algorithm

Algorithm: Performer-Role Bipartite Matrix Generation			
Input	A	Performer-Role Affiliation Network,	
	$A = (\sigma, \psi);$		
	A	Performer-Role Bipartite Matrix,	
Output	$X^{R,P} = \begin{bmatrix} 0 & Z_P \\ Z_R & 0 \end{bmatrix}_{(m+n) \times (m+n)}$		
	$-Z_P$	is the performer-role affiliation matrix	
	$-Z_R$	is the role-performer affiliation matrix	
	$-m$	is the total number of performers	
	$-n$	is the total number of roles	
1	Begin Procedure		
2	Initialize		
3	Set 0 To all entries of $Z_P = [p_{i,j}];$		
4	Set 0 To all entries of $Z_R = [r_{i,j}];$		
5	For ($\forall \varphi_i \in P$) Do		
6	Add 1 To all entries of $Z_P[\varphi_i, \rho \in \sigma_r(\varphi_i)];$		
7	End For		
8	For ($\forall \rho_i \in R$) Do		
9	Add 1 To all entries of $Z_R[\rho_i, \varphi \in \psi_p(\rho_i)];$		
10	End For		
11	End Procedure		

표 3. 생성된 수행자-역할 이분 행렬
Table 3. The Generated Performer-Role Bipartite Matrix

	φ_{Joe}	φ_{Lisa}	φ_{Jack}	φ_{Sha}	φ_{Matt}	ρ_{R-X}	ρ_{R-Y}	ρ_{R-Z}
φ_{Joe}	-	-	-	-	-	1	0	1
φ_{Lisa}	-	-	-	-	-	1	0	0
φ_{Jack}	-	-	-	-	-	1	1	0
φ_{Sha}	-	-	-	-	-	0	1	0
φ_{Matt}	-	-	-	-	-	0	0	1
ρ_{R-X}	1	1	1	0	0	-	-	-
ρ_{R-Y}	0	0	1	1	0	-	-	-
ρ_{R-Z}	1	0	0	0	1	-	-	-

5-3 역할-수행자 이분 행렬 분석

표 2의 알고리즘을 통해 생성된 역할-수행자 이분 행렬은 역할-수행자 소속성 네트워크 지식을 추출하기 위한 자료 구조로 활용될 수 있다. 이러한 예로써 중심성(centrality[4]) 분석 기법은 통해 역할-수행자 소속성 네트워크를 구성하는 개별적인 노드의 중요도를 수치화할 수 있으며, 조밀도(density[4]) 분석을 통해 네트워크 관점의 속성들을 수치화할 수 있다.

이번 절에서는 역할-수행자이분 행렬의 기본적 분석 과정으로 이분 행렬 $X^{R,P}$ 을 구성하는 Z_P 와 Z_R 간의 행렬 연산을 통해 수행자의 공동 역할 소속 행렬 $X^{JP} = Z_P \times Z_R$ 과 역할의 공동 수행자 소속 행렬 $X^{JR} = Z_R \times Z_P$ 을 계산할 수 있다. 그림 4는 표 3의 역할-수행자 이분 행렬로부터 계산된 두 개의 행렬 X^{JP} 와 X^{JR} 을 나타낸다.

그림 4의 결과와 같이, 수행자의 공동 역할 소속 행렬(X^{JP})의 대각 원소들은 각각의 수행자에 대한 역할 소속도(involverment)를 나타내며, 이를 제외한 원소들은 각 행에 해당

$$\begin{aligned}
 X^{JP} &= Z_P \times Z_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 X^{JR} &= Z_R \times Z_P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

그림 4. 수행자 및 역할 공동 소속 행렬
Fig. 4. Joint Performer/Role Affiliation Matrices

되는 수행자와 다른 수행자간의 공동 역할 소속 관계를 나타낸다. 예를 들어 첫 번째 행에 해당되는 수행자 φ_{Joe} 의 역할 소속도는 2 이므로, 총 두 개의 역할에 소속되어 있으며, 수행자 $\varphi_{Lisa}, \varphi_{Joe}, \varphi_{Matthew}$ 와 각각 1 개의 역할에 공동적으로 소속되어 있음을 나타낸다. 일반적으로 역할은 비즈니스 프로세스 수행 관련 직무 범위 및 권한에 연관되어 있기 때문에 높은 강도의 공동 역할 소속 관계를 가지는 수행자 그룹의 경우 상대적으로 유사한 업무 유형에 공통적으로 참여하고 있다고 해석할 수 있다. 반면에, 역할의 공동 수행자 소속 행렬(X^{JR})의 대각 원소들은 각각의 역할에 대한 수행자 소속도를 나타내며, 이를 제외한 원소들은 각 행에 해당되는 역할과 다른 역할간의 공동 수행자 소속 관계를 나타낸다. 예를 들어 두 번째 행에 해당하는 역할 ρ_{R-Y} 에는 총 2 명의 수행자가 소속되어 있으며, 역할 ρ_{R-X} 사이에 공동으로 소속된 1 명의 수행자가 있다. 높은 강도의 공동 수행자 소속 관계를 가지는 역할 그룹의 경우 상대적으로 유사한 업무 유형과 관련된 역할들로 해석할 수 있다.

VI. 결 론

비즈니스 프로세스를 효율적·효과적으로 관리하기 위한 수단으로서 BPMS는 다양한 산업에 적용되고 있으며 이러한 결과에 따라 비즈니스 프로세스를 담당 및 처리하는 프로세스 기반 인적 자원에 대한 관리의 중요성이 강조되고 있다. 즉, BPMS는 비즈니스 프로세스를 수행하는 사람을 위한 경영정보 시스템이므로 비즈니스 프로세스 수행의 정량적·정성적 성과는 BPM기반 인적 자원을 위한 지원 및 관리 체계의 효율성에 종속적이다.

BPM기반 인적 자원 관리와 관련된 다양한 이슈 중에서 본 논문에서는 BPM기반 인적 자원 간의 업무 네트워크 분석을 위하여 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델로부터 역할-수행자 소속성 네트워크를 발견하기 위한 이분 행렬을 생성하는 알고리즘을 제안하였다.

즉, 정보제어넷 기반 비즈니스 프로세스 모델로부터 역할-수행자 소속성 네트워크를 발견하고 이에 대한 이분 행렬을 생성하는 알고리즘을 적용하는 예제를 기술하였다. 제안된 알고리즘을 통해 생성되는 역할-수행자 이분 행렬은 역할-수행자 소속성 분석을 위한 기본 자료 구조로서 활용되었으며, 이를 통하여 다양한 소속성 네트워크 지식을 추출할 수 있다

감사의 글

본 연구는 동남보건대학교 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] W. M. P. van der Aalst, A. H. M. T. Hofstede, M. Weske, "Business Process Management: A Survey," In Procs. of the International Conference on Business Process Management, pp. 1-12, 2003.
- [2] Jeong Hee Hwang, "Mining Association Rule on Service Data using Frequency and Weight," Journal of Digital Contents Society, Vol.17, No. 2, pp. 81-88, 2016.
- [3] K. Kim, C. A. Ellis, "ICN-based Workflow Model and Its Advances," Handbook of Research on Business Process Modelling, pp. 34-54, 2009.
- [4] D. Knoke, S. Yang, Social Network Analysis - 2nd Edition, Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, SAGE Publications, 2008.
- [5] W. M. P. van der Aalst, H. A. Reijers, M. Song, "Discovering Social Networks from Event Logs," Computer Supported Cooperative Work, Vol. 14, No. 6, pp. 549-593, 2005.
- [6] Hyun Ahn, A Framework for Workflow-based Affiliation Network Discovery and Analysis, M. S. Dissertation, Kyonggi University, 2013.
- [7] Minjae Park, Hyun Ahn, Kwanghoon Pio Kim, "Workflow – Supported Social Networks:Discovery, Analyses, and System," Journal of Network and Computer Applications, Vol. 75, pp.355-373, 2016.11
- [8] Haksung Kim, Hyun Ahn, Kwanghoon Pio Kim, "Modeling, Discovering, and Visualizing Workflow Performer-Role Affiliation Networking Knowledge," KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 134-151, 2014.02



김학성(Hak-Sung Kim)

1993년 : 경기대학교 전자계산학과 (이학사)
1995년 : 경기대학교 전자계산학과 대학원 (이학석사)
2003년 : 경기대학교 전자계산학과 대학원 (이학박사-협업기술전공)

1995년~1998년: 한국통신기술 EDI사업실

1998년~현 재: 동남보건대학교 보건3D프린팅융합과 교수

※ 관심분야 : 워크플로우 시스템(Workflow System), 비즈니스 프로세스 관리(BPM), 프로세스 마이닝(Process Mining), 소셜 네트워크 분석, Process-driven IoT