

워크플로우 프로세스 기반 데이터 큐브 및 분석[☆]

Workflow Process-Aware Data Cubes and Analysis

진 민 혁¹ 김 광 훈^{1*}
Min-hyuck Jin Kwang-hoon Pio Kim

요 약

워크플로우 프로세스 인텔리전스와 시스템에서 워크플로우 프로세스 마이닝 및 분석 문제가 중요해지고 있다. 워크플로우 프로세스 인텔리전스의 품질을 향상시키기 위해서는 워크플로우 프로세스 마이닝 및 분석을 수행할 때, 워크플로우 실행 이벤트 로그를 저장하는 효율적이고 효과적인 데이터 센터가 필수적이다. 본 논문에서는 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터를 효율적으로 구성하고 XES 형식으로 워크플로우 프로세스 실행 이벤트 로그를 효과적으로 저장하기 위한 3차원 프로세스 기반 데이터 큐브를 제안한다. 이의 검증 단계로서, 프로세스 기반 데이터 큐브가 워크플로우 프로세스 패턴과 해당 워크플로우 프로세스 실행 이벤트 내역에서 실행 비율 및 업무전달관계와 같은 분석적 지식을 발견하는데 얼마나 적합한지를 보여주기 위해 프로세스 마이닝 실행 예제를 제시한다. 결과적으로, 프로세스 기반 데이터 큐브와 이를 활용한 프로세스 마이닝 시스템의 구현을 통해, 워크플로우 프로세스의 기본적인 제어흐름 패턴을 성공적으로 발견할 수 있음을 확인했다.

☞ 주제어 : 프로세스 기반 데이터 큐브, 워크플로우 프로세스 마이닝, 워크플로우 프로세스 분석, 시간적 워크케이스, 시간적 업무 전달, XES, 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터

ABSTRACT

In workflow process intelligence and systems, workflow process mining and analysis issues are becoming increasingly important. In order to improve the quality of workflow process intelligence, it is essential for an efficient and effective data center storing workflow enactment event logs to be provisioned in carrying out the workflow process mining and analytics. In this paper, we propose a three-dimensional process-aware datacube for organizing workflow enterprise data centers to efficiently as well as effectively store the workflow process enactment event logs in the XES format. As a validation step, we carry out an experimental process mining to show how much perfectly the process-aware datacubes are suitable for discovering workflow process patterns and its analytical knowledge, like enacted proportions and enacted work transferences, from the workflow process enactment event histories. Finally, we confirmed that it is feasible to discover the fundamental control-flow patterns of workflow processes through the implemented workflow process mining system based on the process-aware data cube.

☞ keyword : process-aware datacubes, workflow process mining, workflow process analytics, temporal workcase, temporal worktransference, XES format, workflow event log data center

1. 서 론

최근 조직의 비즈니스 프로세스가 중요한 자산으로 인식됨에 따라, 프로세스 기반 조직을 지원하기 위한 워크

플로우 프로세스 자동화 기술이 빠르게 성장하고 점점 더 많이 사용되고 있다. 이에 따라 워크플로우 충실도 (fidelity) 개념에 대해 새로운 요구 사항과 수요가 증가해 왔고 이러한 요구 사항과 수요는 배포된 워크플로우 절차와 프로세스 기반 조직에서 실행되는 모델의 재설계와 관련된다. 워크플로우 충실도는 빌드타임에서 발견된 워크플로우 프로세스 모델과 런타임에서 재발견된 워크플로우 프로세스 모델을 비교하는 것으로 전자는 워크플로우 프로세스 모델을 계획하고 정의하는 것에 관한 것이고, 후자는 정의된 워크플로우 프로세스 모델을 수행하여 얻어진 이벤트 로그로부터 프로세스 모델을 발견하는 것, 즉 워크플로우 프로세스 마이닝 [1] 을 말한다. 이와 관련하여, 선행 연구 [2, 3] 에서는 워크플로우 프로세스 마이

1 Dept. of Computer Science & Engineering, Kyonggi University, Suwon, 16227, South Korea.

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

[Received 29 October 2018, Reviewed 1 November 2018, Accepted 21 November 2018]

☆ 본 연구는 2017학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었으며, 추가적으로 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 일부 지원을 받아 수행되었음. (중견연구자지원사업, 과제번호 : 2017R1A2B2010697).

닝 알고리즘과 이를 지원하는 아키텍처를 제안하였다.

본 논문에서는 프로세스 기반 데이터 큐브라는 3차원 데이터 큐브를 체계적으로 구성하고 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에 사용할 방법을 구현하는 정형적인 접근 방식을 제안한다. 결과적으로 프로세스 기반 데이터 큐브를 통해 다각도로 워크플로우 마이닝을 효과적으로 수행할 수 있고, 이를 검증하기 위해 4TU 에서 공개된 BPI Challenge 를 위한 실제 이벤트 로그 [4] 를 사용하여 실험 분석을 수행한다.

2. 관련 연구

워크플로우 프로세스 관리 시스템은 워크플로우 모델링 시스템과 워크플로우 실행 엔진으로 구성된다. 워크플로우 프로세스 모델링 시스템에서는 워크플로우 프로세스 모델 및 패키지를 정의한다. 워크플로우 실행 엔진에서는 정의된 워크플로우 프로세스 모델 및 패키지를 반복 실행하며, 로깅 및 감사 컴포넌트 [5] 에 의해 워크플로우 인스턴스 및 작업 항목의 실행 이벤트를 로그 데이터 센터에 기록하고, 기록된 이벤트는 워크플로우 프로세스 모델, 워크플로우 인스턴스, 워크플로우 구성요소를 축으로 한 3차원 데이터 큐브의 형태로 관리된다. 워크플로우 프로세스 모델 및 패키지를 정의하고 반복적으로 실행하며, 워크플로우 실행 엔진의 로깅 및 감사 컴포넌트 [5] 에 의해 워크플로우 인스턴스 및 작업 항목의 실행 이벤트를 로그 데이터 센터에 기록하고, 기록된 이벤트는 워크플로우 프로세스 모델, 워크플로우 인스턴스, 워크플로우 구성요소를 축으로 한 3차원 데이터 큐브의 형태로 관리된다. 워크플로우 기반 조직에서 비즈니스 활동 모니터링 및 분석을 통해 수행 현황 및 프로세스 성능을 분석하려면 워크플로우 프로세스 실행 이력 및 감사 정보를 특정 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에 저장하는 것이 중요하다. 지금까지 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터의 로그 구조와 형식을 고려한 여러 연구가 있었다. 많은 프로세스 기반 조직에서는 워크플로우 실행 이벤트 로그를 특정 형식의 태그 기반 언어로 저장하는 것을 고려한다. 이와 관련하여, 본 저자의 연구 그룹에서는 프로세스 마이닝을 위한 XML 기반 이벤트 로그 포맷인 XWELL [6]을 제안한 바가 있다. 또한, 워크플로우 기술 관련 국제 표준화기구인 WfMC (Workflow Management Coalition) 에서도 이벤트 로그 포맷 표준인 BPAF (Business Process Analytics Format [7]) 를 발표하였다. 최

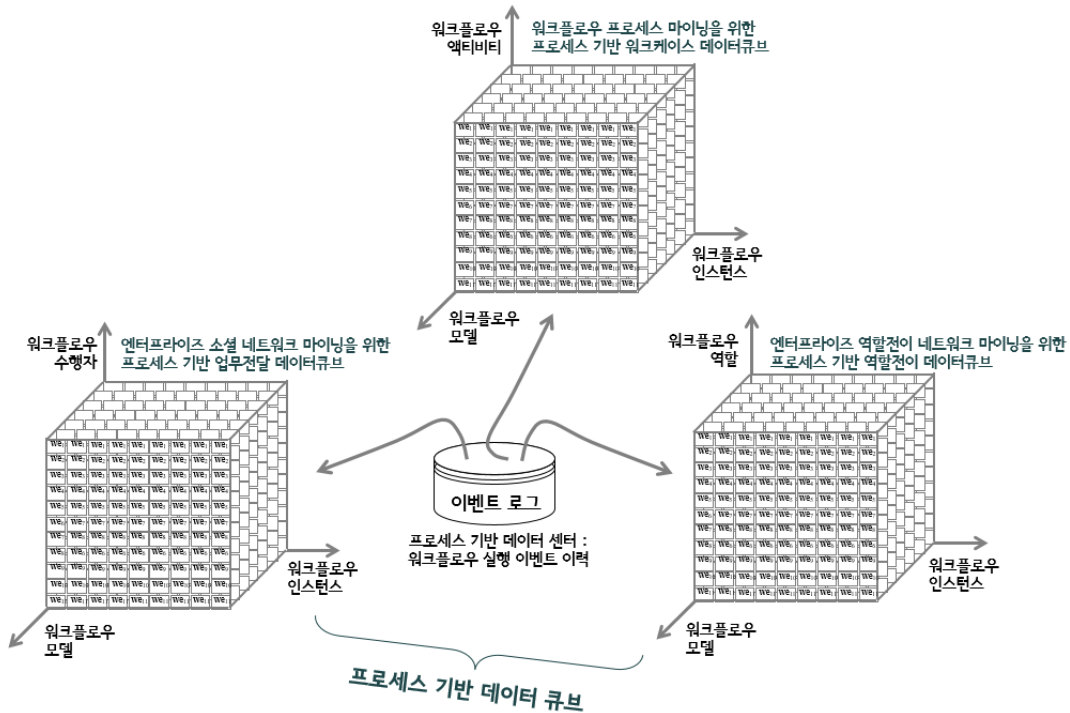
근 IEEE는 표준 태그 기반 언어인 XES [8] 를 발표했다. 이 표준의 목표는 정보 시스템 설계자에게 이벤트 로그 및 이벤트 스트림을 통해 시스템의 동작을 캡처하는 통합되고 확장 가능한 방법론을 제공하는 것이다. 실험을 위해 사용되는 모든 이벤트 로그 데이터 세트는 XES [8] 표준을 기반으로 한다. 본 논문에서는 이러한 XES 표준을 기반으로 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에 대한 데이터 큐브 구조를 제안하고 모든 이벤트 기록 및 로그 데이터 세트에 적용하고자 한다.

3. 프로세스 기반 데이터 큐브

워크플로우 인스턴스가 실행될 때 워크플로우 실행 엔진의 로깅 및 감사 컴포넌트는 작업 항목에 대한 실행 이력을 로그 저장소에 기록한다. 기록된 각 이벤트는 XES 포맷의 형태로 저장되어 있다고 가정한다. 로깅 된 이벤트를 특정 유형의 워크플로우 프로세스 마이닝 및 분석 도구로 분석하려면 로깅 된 모든 이벤트를 워크플로우 모델 식별자, 워크플로우 인스턴스 식별자, 시간 유형 등과 같은 다양한 속성 순서로 정렬해야 한다. 이러한 정렬된 로깅 이벤트를 통해 다양한 유형의 프로세스 기반 데이터 큐브를 구성할 수 있으며 각 데이터 큐브는 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터로부터 구성된다. 그림 1은 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에서 다양한 유형의 프로세스 기반 데이터 큐브를 구성하는 개념적 구성을 보여준다. 본 장에서는 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터를 구성하기 위한 이벤트 로그 형식과 프로세스 기반 데이터 큐브를 정형적으로 정의한다. 또한 이론의 구체적인 예로서 BPI Challenge 데이터 세트 [4] 에서 구성되는 프로세스 기반 데이터 큐브를 제시한다.

3.1 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터

워크플로우 실행 엔진이 워크플로우 프로세스 모델을 실행함에 따라 프로세스 인스턴스 (=워크케이스) 가 발생하며, 엔진의 로깅 컴포넌트는 프로세스 인스턴스 내의 모든 액티비티에 대한 실행 이력을 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에 저장한다. 이번 절에서는 다음 정의 1과 같이 워크플로우 작업 항목 이벤트 로그의 이름으로 액티비티의 실행 형식을 정형적으로 정의한다. 엔진에 의해 실행되고 관리되는 워크플로우 패키지 및 모델의 모든 이벤트 로그는 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에 축적되며 이로부터 다양한 유형의 프로세스 기반 데



(그림 1) 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터의 프로세스 기반 데이터 큐브의 개념적 형성

(Figure 1) A Conceptual Formation of Process-Aware Data Cubes from Workflow Event Log Data Centers

이터 큐브를 구축할 수 있다.

그림 1 은 이러한 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터로부터 워크 케이스 (workcase), 업무전달 (worktransference), 그리고 역할전이 (role-transition) 데이터 큐브를 구성하는 것을 나타낸다.

[정의 1] 워크플로우 작업 항목 이벤트 로그,

$$we = (\alpha, pc, wf, wc, ac, p^*, t, s)$$

= 작업 항목 (work item) id

pc = 패키지 id

wf = 워크플로우 프로세스 id

wc = 워크플로우 인스턴스 id

ac = 액티비티 id

p* = 수행자 id

t = 타임스탬프

s = 작업항목의 현재 상태, *ready, assigned, reserved, running, completed, cancelled*.

워크플로우 작업 항목 이벤트 로그의 구체적인 로그 형식은 이전 장에서 언급 한 XES 표준 형식 [8] 을 사용 한다. XES 표준 형식을 기반으로 워크플로우 작업 항목 이벤트 로그에 필수적인 속성은 다음과 같다.

- EVENT 속성은 워크플로우 실행 엔진에서 할당된 이벤트 식별자를 지정하는데 사용된다.
- 워크플로우 액티비티 이벤트의 WORKITEM 속성은 PACKAGE ID, WORKFLOW ID, ACTIVITY ID, INSTANCE ID 와 같이 결합된 식별자를 사용하여 고유하게 할당된 작업 항목 식별자를 나타낸다.
- PARTICIPANT 속성은 작업 항목을 실행하는 수행자를 지정하는데 사용된다.
- TIMESTAMP 속성은 발생한 이벤트의 시간을 지정한다.
- STATE 속성은 엔진이 관리하는 작업 항목의 런타임 상태를 나타낸다. 작업 항목의 상태가 변경될 때마다 기록되며 READY, ASSIGNED, RESERVED, RUNNING, COMPLETED, CANCELLED 중 하나의 상태를 가진다.

3.2 프로세스 기반 데이터 큐브의 정형적 모델

워크플로우 엔진에서 워크플로우 모델 및 패키지를 수행함에 따라 기록되는 워크플로우 이벤트 로그를 특정 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에 축적하고 워크플로우 모델, 워크플로우 인스턴스, 워크플로우 구성요소를 3차원 데이터 큐브 형태 관리할 수 있다. 특히 워크케이스 데이터 큐브의 경우에는 워크플로우 모델, 워크플로우 인스턴스, 그리고 액티비티를 축으로 하는 3차원 데이터 큐브로 구성된다. 데이터 큐브의 필수 데이터 세트는 시간적 워크케이스 그룹이며 워크플로우 인스턴스 액티비티-이벤트 트래이스로 구성된다. 각 워크플로우 인스턴스의 액티비티는 시간정보에 의해 정렬된다. 워크플로우 인스턴스 액티비티-이벤트 트래이스 및 시간적 워크케이스는 각각 정의 2, 3 에서 정형적으로 정의된다.

[정의 2] 워크플로우 인스턴스 액티비티-이벤트 트래이스, $WT(c) = (we_1, \dots, we_n)$ 는 특정 워크플로우 인스턴스 c 에 포함된 이벤트들을 **TIMESTAMP** 및 **STATE** 특성에 따라 시간 순서대로 정렬한 이벤트 시퀀스를 나타내며, 다음과 같은 속성을 만족한다.

$$\{we_i | we_i.wc = c \wedge we_i.t \leq we_j.t \wedge we_i.pc = we_j.pc \wedge we_i.wf = we_j.wf \wedge we_i.wc = we_j.wc \wedge i < j \wedge 1 \leq i, j \leq n\}$$

기본적으로 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터의 모든 워크플로우 인스턴스 액티비티-이벤트 트래이스로부터 프로세스 기반 워크케이스 데이터큐브를 구축하고 다음과 같은 순간 시점 중 하나를 기반으로 해야 한다. 이것은 타임스탬프 기점으로 지칭된다. 따라서 워크플로우 이벤트 로그 기록에서 일련의 워크플로우 인스턴스 액티비티-이벤트 트래이스를 발견하고 발견된 각 트래이스에서 다음과 같은 타임스탬프 중 하나를 보유한 4 가지의 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브를 생성할 수 있다.

- 예정 시간: 작업 항목의 상태가 준비 (READY) 에서 할당 (ASSIGNED) 으로 변경된 시간을 나타낸다, $we^{ts} \Rightarrow (t = we.t \wedge s = we.s \wedge s = 'assigned')$.
- 할당 시간: 작업 항목의 상태가 할당에서 예약 (RESERVED) 으로 변경된 시간을 나타낸다, $we^{lc} \Rightarrow (t = we.t \wedge e = we.s \wedge e = 'reserved')$.
- 시작 시간: 작업 항목의 상태가 예약에서 수행 (RUNNING) 으로 변경된 시간을 나타낸다, $we^{tm} \Rightarrow$

$$(t = we.t \wedge u = we.s \wedge u = 'running')$$

- 완료 시간: 작업 항목의 상태가 수행에서 완료 (COMPLETED) 로 변경된 시간을 나타낸다, $we^{to} \Rightarrow (t = we.t \wedge o = we.s \wedge o = 'completed')$.

[정의 3] 시간적 워크케이스,

$TWC^\phi(c) = we_{\alpha_1}^{\tau_1, \phi}, \dots, we_{\alpha_m}^{\tau_m, \phi}$ 는 특정 워크플로우 인스턴스 c 에 포함된 이벤트들을 특정 타임스탬프 유형 $\phi \in \{s, e, u, o\}$ 에 따라 시간 순서대로 정렬된 이벤트 시퀀스를 나타내며, 다음과 같은 속성을 만족한다.

$$\{we_{\alpha}^{\tau, \phi} | \alpha = we.ac \wedge \tau = we.t \wedge \phi \in \{s, e, u, o\} \wedge we_{\alpha}.wc = c \wedge (we_{\alpha_i}^{\tau_i} < we_{\alpha_j}^{\tau_j})^{10} \wedge \tau_i < \tau_j \wedge i < j \wedge 1 \leq i, j \leq m\},$$

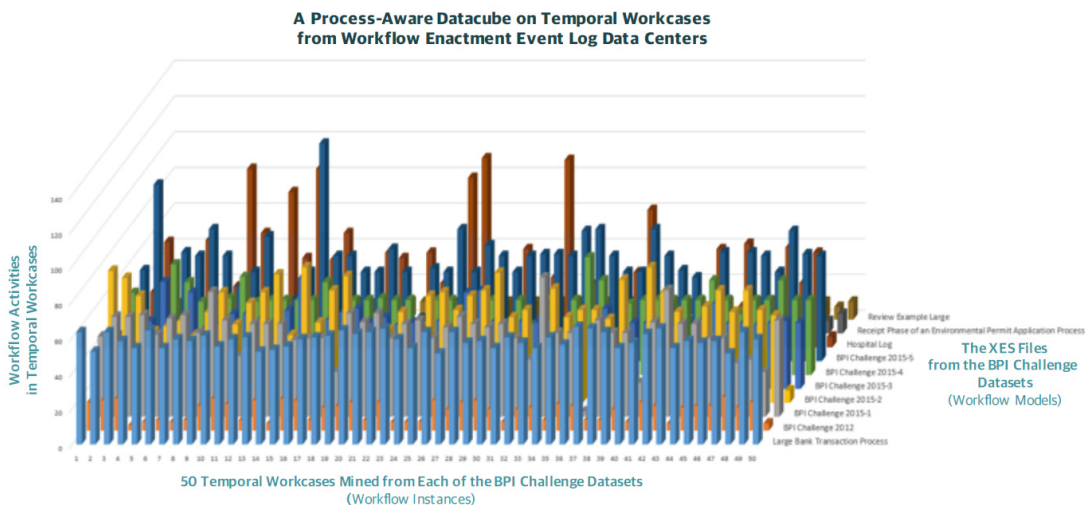
시간적 워크케이스는 정형적으로 시간적 워크케이스 모델로 정의되며, 해당 워크케이스의 모든 작업 항목이 성공적으로 완료되었으며 실행이 일시 중단되지 않고 실행되었다고 가정한다.

정의 3에 기초하여 우리는 시간적 워크케이스를 같은 타임스탬프 기반에서 동일한 워크플로우 인스턴스 id를 가진 모든 워크플로우 액티비티가 시간정보에 의해 정렬된다 개념으로 해석할 수 있다. 결과적으로 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에서 우리는 예정 시간, 할당 시간, 시작 시간 및 완료 시간과 같은 타임스탬프와 함께 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브를 생성한다. 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브의 모든 이벤트 로그는 동일한 타임스탬프를 가진다. 따라서 다음과 같은 유형의 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브가 존재할 수 있다.

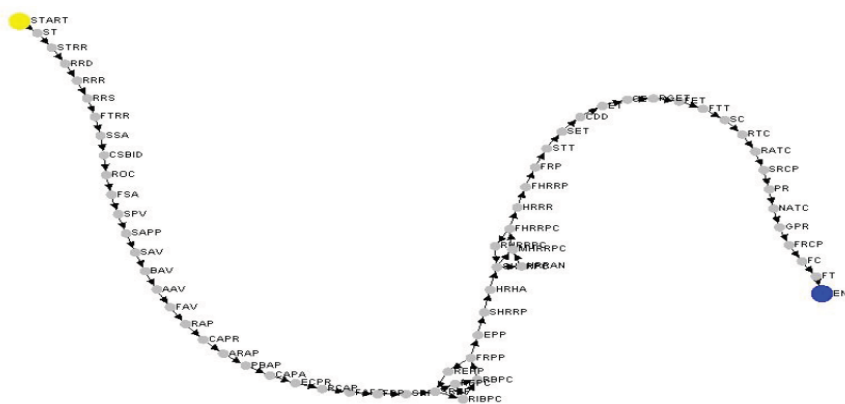
- 예정시간 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브
- 할당시간 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브
- 시작시간 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브
- 완료시간 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브

3.3 프로세스 기반 데이터 큐브

이전 절에서 설명한 것처럼 워크플로우 이벤트 로그 데이터 센터에서 다양한 유형의 프로세스 기반 데이터 큐브를 구축할 수 있으며, 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브의 공식 모델은 전형적인 예로서 정형적으로 정의되었다. 본 절에서는 실행 예제를 통해, 제안된 프로세스 기반 데이터 큐브가 워크플로우 프로세스 마이닝



(그림 2) BPI Challenge 데이터 세트의 완료시간 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브
 (Figure 2) A Process-Aware Workcase Datacube with CompletedTime from the BPI Challenge Datasets



(그림 3) 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브로부터 마이닝 된 시간적 워크케이스
 (Figure 3) A Concrete Temporal Workcase Mined from the Concrete Process-Aware Workcase Datacube

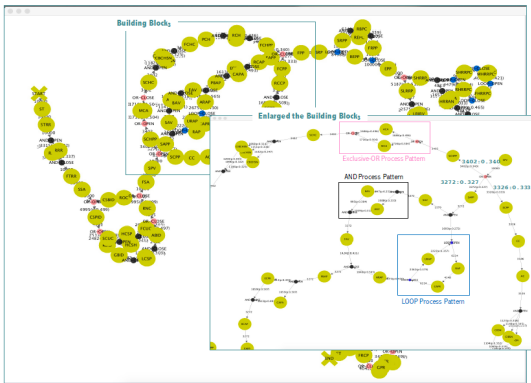
분야에 적용 가능하고, 효용성이 있음을 검증한다. 다시 말해 우리는 BPI Challenge 기관인 4TU 에서 발표 한 모든 워크플로우 실행 이벤트 로그 데이터 세트에서 구체적인 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브를 구축했다. 다음 그림 2는 연구 데이터 센터 (Center for Research Data) [4] 로부터 10 개의 BPI Challenge 데이터 세트 각각에서 추출한 50 개 인스턴스로부터 완료시간 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브를 보여준다. 또한 저자의 연구 그룹은 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브의

개념을 기반으로 한 워크플로우 프로세스 마이닝 시스템을 개발했다.

다음 그림 3은 본 저자의 연구그룹에서 개발한 워크플로우 프로세스 마이닝 시스템으로부터 BPI Challenge 데이터 세트 중 ‘Large Bank Transaction Process Model’에 대해 특정 시간적 워크케이스를 마이닝한 것을 보여준다.

4. 실험 및 분석 예제

실험적 마이닝 및 분석 프레임 워크와 구현된 시스템 [9]을 사용하여 BPI Challenges 데이터 세트 [4]에서 구축된 구체적인 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브를 적용하여 워크플로우 프로세스 모델의 정보제어넷을 발견하기 위한 실험 및 분석을 수행했다. 앞에서 언급했듯이 우리는 실험 및 분석을 위한 'Large Bank Transaction Process Model' BPI Challenge 데이터 세트를 선택했으며, 데이터 세트에는 총 10,000 개의 워크플로우 인스턴스가 있으며 기록된 모든 워크플로우 실행 액티비티-이벤트 로그가 포함되어 있다. 이 모델은 135 개의 액티비티로 구성되며, 이러한 액티비티들은 8 개의 서브 프로세스로 세분된다.



(그림 4) 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브로부터 발견된 정보제어넷

(Figure 4) An Information Control Net Discovered from the Process-Aware Workcase Datacube

그림 4는 시스템에서 캡처된 두 화면을 보여준다. 큰 화면은 'Large Bank Transaction Process Model'을 나타내는 정보제어넷의 발견된 모델을 보여 주며, 작은 화면은 서브 프로세스의 확대 부분을 보여 준다. 여기서 시스템은 정보 제어의 세 가지 기본 요소인 OR, AND 및 LOOP와 같은 네트워크를 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브로부터 모두 발견할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 정형적으로 프로세스 기반 데이터 큐브

의 새로운 개념을 제안하였고, 이를 바탕으로 시간적 워크케이스, 시간적 업무전달 및 역할전이의 개념을 기반으로 다양한 유형의 프로세스 기반 데이터 큐브를 구축할 수 있었다. 이러한 데이터 큐브는 엔터프라이즈 빅 데이터 저장소에 쌓여있는 워크플로우 실행 이벤트 로그에서 다양한 유형의 워크플로우 관련 지식을 검색할 수 있는 효율적이고 효과적인 워크플로우 마이닝 시스템을 구현하는 데 필요하다. 프로세스 기반 데이터 큐브는 워크플로우 프로시저 (워크플로우 모델), 워크플로우 인스턴스 (시간적 워크케이스, 시간적 업무전달 및 시간적 역할전이) 및 워크플로우 작업 항목 (워크플로우 액티비티-이벤트, 워크플로우 수행자-이벤트 및 워크플로우 역할-이벤트)을 축으로 하는 3차원 큐브 구조 형태로 형성된다. 특히 구체적인 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브를 기반으로 본 저자의 연구 그룹은 워크플로우 프로세스 마이닝 시스템을 구현했다. 이 시스템을 사용하여 구체적인 프로세스 기반 워크케이스 데이터 큐브에서 워크플로우 프로세스 모델의 정보 제어 넷을 발견하기 위한 실험 분석을 수행했다.

Acknowledgement

본 연구는 2017학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었으며, 추가적으로 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 일부 지원을 받아 수행되었음. (중견연구지원사업, 과제번호: 2017R1A2B2010697).

참고문헌(Reference)

- [1] W. M. P. van der Aalst and A. J. M. M. Weijters, "Process mining: a research agenda," *Journal of Computers in Industry*, Vol. 53, Issue 3, 2004.
- [2] Kyoungsook Kim, et al., "A Conceptual Approach for Discovering Proportions of Disjunctive Routing Patterns in a Business Process Model," *KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS*, Vol. 11, No. 2, pp. 1148-1161, 2017.
- [3] Kim, Kwanghoon and Ellis, Clarence A., "Algorithm: Structured Workflow Process Mining Through Amalgamating Temporal Workcases," *The Proceedings of PAKDD2007, Advances in Knowledge Discovery*

- and Data Mining, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4426, pp. 119-130, 2007.
- [4] BPI Challenge 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 4TU.Centre for Research Data, <https://data.4tu.nl/repository/collection:event-logs-real>.
- [5] Kim, Kwanghoon, "A XML-Based Workflow Event Logging Mechanism for Workflow Mining," The Proceedings of the International Workshop on APWeb, pages 132-136, 2006.
- [6] Minjae Park and Kwanghoon Kim, "XWELL: A XML-Based Workflow Event Logging Mechanism and Language for Workflow Mining Systems," Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4707, pp. 900 - 909, 2007.
- [7] Michael zur Muehlen and Keith D. Swenson, "BPAF: A Standard for the Interchange of Process Analytics Data," Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 66, pp. 170 - 181, 2011.
- [8] IEEE, "IEEE Standard for eXtensible Event Stream (XES) for Achieving Interoperability in Event Logs and Event Streams," IEEE 1849-2016, 2016. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2016.7740858>.
- [9] Kim, Kyoungsook, Lee, Youngkoo, Ahn, Hyun., and Kim, Kwanghoon, "An Experimental Mining and Analytics for Discovering Proportional Process Patterns from Workflow Enactment Event Logs," Proceedings of the International Conference on Big Data Technologies and Applications, Exeter, England, Great Britain, Sept. 4rd - 5th, 2018.

◎ 저 자 소 개 ◎



진 민 혁(Min-hyuck Jin)

2017.2 경기대학교 이과대학 컴퓨터과학과 학사
 2017.3~현재 경기대학교 일반대학원 컴퓨터과학과 석사(재학)
 관심분야 : 워크플로우/비피엠, Process Discovery/Rediscovery
 E-mail : happytoh@kyonggi.ac.kr



김 광 훈(Kwang-hoon Kim)

1984.2 경기대학교 이과대학 전자계산학과 학사
 1986.2 중앙대학교 일반대학원 전자계산학과 석사
 1986.2~1991.8 한국전자통신연구원 연구원
 1994.5 University of Colorado Boulder, Department of Computer Sciences, MS
 1998.5 University of Colorado Boulder, Department of Computer Sciences, Ph.D
 2005.3~2010.2 Univ. of Colorado Boulder, Department of Computer Science, 방문교수
 2007.7~2010.6 경기대학교 콘텐츠융합소프트웨어연구센터장
 1998.3~현재 경기대학교 컴퓨터과학과 교수
 2000.1~현재 한국인터넷정보학회 이사, 부회장
 2002.3~현재 비피엠코리아포럼 부회장
 2003.1~현재 WfMC ERC Vice-chair
 2003.1~현재 TTA 정보통신국제표준전문가
 관심분야 : 워크플로우/비피엠, Process-Aware Information Systems, Process Discovery/Rediscovery, Workflow-supported Social Networks
 E-mail : kwang@kyonggi.ac.kr