



Process Mining 기반의 PI 수행 기법에 관한 연구

정찬일*, 이후진**

A Study on the Process Mining Technology-Based Process Innovation Methodology

Chanyil Jung*, Hoojin Lee**

요 약

기존의 PI(Process Innovation) 프로젝트는 사용자 인터뷰 기반으로 프로세스를 설계하여 프로세스 모델의 정확도가 낮고 개인의 역량에 품질이 좌우되었다. 이에 시스템 로그를 이용하여 프로세스를 추출하는 Process Mining 기법을 PI 방법론과 융합하여 데이터 기반으로 현행 프로세스 분석 및 목표 프로세스 설계를 진행하는 Process Mining 기반 PI 수행 기법을 개발하고자 한다. 또한 새로운 수행 기법을 실제 기업의 PI 프로젝트에 적용하여 프로세스 모델 생성을 자동화하고 프로세스 병목원인 파악, 반복수행 구간 분석, 조직간 프로세스 비교를 통해 문제 발생의 근본 원인을 파악할 수 있음을 검증한다. 제안된 Process Mining 기반 PI 수행 기법을 활용하면 기존의 PI 수행 방법론에 비해 보다 효율적이고 성공적인 PI 프로젝트를 수행할 수 있을 것이다.

Abstract

Since the traditional Process Innovation(PI) projects have designed business processes models based on the user interviews, the accuracy of the process model becomes low and thus the quality is also influenced by individual competence. Hence, we attempt to develop the process mining based PI technique by applying process mining techniques, which discover the process model by using IT system's log data. In addition, this PI implementation technique is applied to the PI projects of actual enterprise to verify that it is able to realize the bottleneck of the process, analyze the loop process, and compare the inter-organizational processes for identifying the root cause of the problems. By utilizing the proposed PI implementation technique based on the process mining, it becomes possible to perform more efficient and successful PI projects than the traditional PI methodology.

Keywords

process mining, process innovation, process intelligence, process auto discovery, process performance management

* 한성대학교 스마트융합컨설팅학과(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6888-7910>
** 한성대학교 스마트융합컨설팅학과 교수
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2450-9234>

• Received: Oct. 05, 2018, Revised: Nov. 17, 2018, Accepted: Nov. 20, 2018
• Corresponding Author: Chanyil Jung
Department of Smart Convergence Consulting, Hansung University,
116 Samseongyoro-16gil, Seongbuk-gu, Seoul 02876 Korea,
Tel.: +82-2-6309-8090, Email: bankplus@gmail.com

1. 연구 배경 및 목적

경영혁신과 업무 프로세스의 개선을 목적으로 하는 PI(Process Innovation)는 1990년대 이후로 현재까지 많은 기업들이 활발하게 추진하고 있는 주요한 경영기법이다. 그러나 많은 비용과 자원이 투입되는 PI 프로젝트는 분석에 과도한 시간이 소요되고 실패 확률이 60~70%에 달하는 등 급변하는 정보기술 및 기업환경에 대응하지 못하는 한계가 드러나고 있다[1]. 또한 현대 기업은 정보시스템을 사용하지 않는 수작업 프로세스가 거의 존재하지 않으며, 빅데이터의 시대라고 불릴 만큼 많은 데이터를 센서 장비와 정보시스템으로 부터 생산하고 있기 때문에 시스템의 실행 로그를 기반으로 업무 프로세스를 도출하는 Process Mining 기법이 발전하고 있다[2].

본 논문에서는 기존의 문헌조사 및 인터뷰 중심의 PI 방법론에 Process Mining 기법을 적용하여 현행 프로세스를 보다 빠르게 정량적으로 분석하고 명확한 목표 프로세스를 도출할 수 있도록 개선된 PI 수행 기법을 제시하고 실제 프로젝트에 적용하여 그 효과를 확인하였다. 본 연구를 바탕으로 향후 Process Mining 기법의 활용을 통해 PI 프로젝트의 성공률이 제고되기를 기대한다.

II. 이론적 배경 및 선행 연구

2.1 기존 PI 방법론의 한계

경영혁신과 업무 프로세스의 개선을 위해 “Six Sigma, CPM(Corporate Performance Management), CPI (Continuous Process Improvement), TQM(Total Quality Management)” 등 많은 경영기법들이 연구되었다[3]. 특히 1990년부터 시작된 “비용, 품질, 서비스, 속도와 같은 핵심적 성과에서 극적인 향상을 이루기 위해 업무 프로세스를 근본적으로 다시 생각하고 혁신적으로 재설계” 하는 BPR(Business Process Reengineering) 방법론[4]과 정보기술의 통합과 ERP (Enterprise Resource Planning) 구축 등을 통해 업무 프로세스, 정보시스템 및 조직 등을 총체적으로 혁신함으로써 사업성과를 높이려는 PI[5]와 ISP[6]는 현재까지도 대부분의 기업들이 활발하게 추진하고 있는 주요한 경영기법이다.

국내에서는 주로 “ERP 시스템의 구축(혹은 자체 개발)과 더불어 이들 작업의 사전 및 사후의 컨설팅 과정으로서 적용”[7]되고 있다. 그러나 1990년대에 수립된 PI 방법론은 빅데이터 시대의 새로운 기술 환경과 파괴적 혁신으로 불리는 급변하는 경영 환경[8]에 적용하지 못하고 여전히 개별 사용자 인터뷰와 컨설턴트의 개인역량에 의지하는 방법론을 유지함으로써 느리고 부정확한 결과를 도출하고 있으며, 실질적인 업무혁신 성공률은 20~30% 정도에 머물고 있다[9].

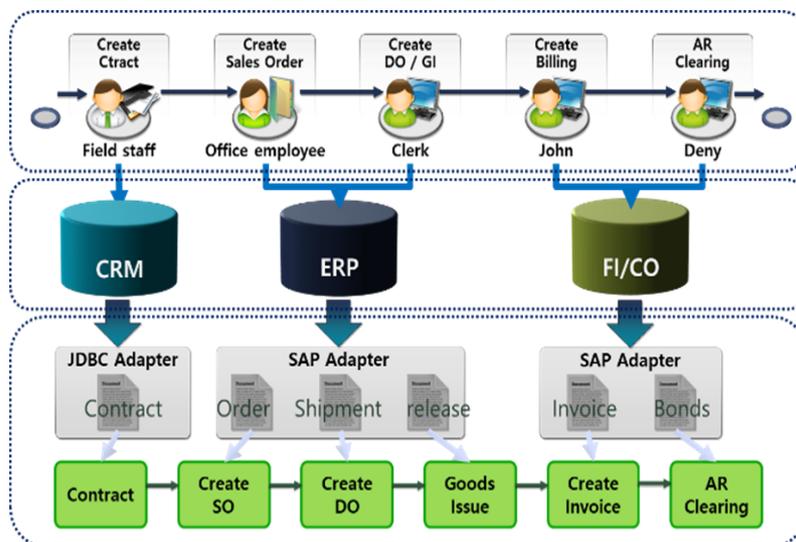


그림 1. 프로세스 모델 발견
Fig. 1. Process model discovery

2.2 Process Mining 개념 및 기법

Process Mining은 그림 1과 같이 ERP, CRM 등 개별 정보시스템에서 업무를 수행할 때 기록된 이벤트 로그 데이터를 수집하여 ① 프로세스 모델을 발견하여 자동으로 생성(Process Model Discovery)하고 실제 프로세스가 모델에 기반을 두어 수행되는지 ② 순응도 평가(Conformance Checking)를 진행하여 ③ 프로세스 모델의 품질을 개선(Enhancement)하는 분석 기법이다[2][10][11].

현대 기업의 업무환경은 거의 모든 업무가 정보 시스템을 이용하여 수행되고 있어 센서에서 발생하는 빅데이터 및 시스템을 통한 업무 수행 로그 데이터의 확보가 용이해졌으며, 빅데이터 분석 기술이 발전하였기 때문에 Process Mining의 적용 가능 범위가 더욱 넓어지고 기법 및 도구가 발전하고 있다.

이에 IEEE에서는 CIS(Computational Intelligence Society) 산하에 Process Mining Task Force를 구성하여 표준화 및 활성화를 위한 노력을 진행하고 있으며 많은 소프트웨어 제조사들이 관련된 솔루션을 출시하고 있다[2][12]-[14].

III. 분석 기법 및 절차

3.1 Process Mining 기반의 PI 수행 기법

PI 프로젝트의 수행 방법론은 다양한 컨설팅 기업들에 의해 Tailoring 되어 사용되고 있으나, 일반적으로는 그림 2와 같이 ① 환경 분석, ② 현행(As-Is) 프로세스 정의, ③ 목표(To-Be) 프로세스 설계, ④ 이행계획 수립의 단계로 진행된다. 이중 특히 현행 프로세스 정의 단계와 목표 프로세스 설계 단계에서 문헌조사(기존의 업무 분장표, 시스템 매뉴얼 등), 담당자 인터뷰 및 벤치마킹 외에 “Process Mining 기반의 PI 수행” 기법을 주요 수행 도구로 활용할 수 있다.

“Process Mining 기반의 PI 수행 기법”은 표 1과 같이 현행 프로세스 분석(As-Is Process Definition) 단계의 6개 절차와 목표 프로세스 설계(To-Be Process Design) 단계의 3개 절차를 포함하여 9개의 Step으로 구성된다.

표 1. Process Mining 기반의 PI 수행 단계
Table 1. Process mining based PI steps

Phase		Step
As-Is Process Definition	Design	① Process Selection
		② Log Data Extraction Design
		③ PPI, Dimension Define
	Implementation	④ Activity Extraction
		⑤ Process Merge
		⑥ PPI, Dimension Calculation
To-Be Process Design	⑦ Find Process Bottle Neck	
	⑧ Analyze Process Loop	
	⑨ Compare Processes	

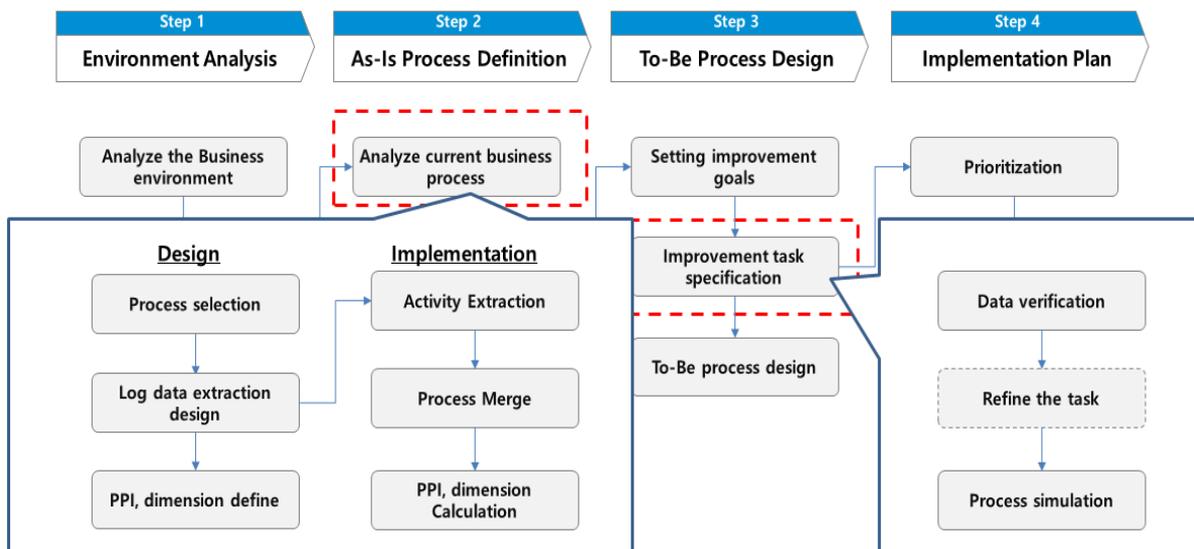


그림 2. PI 수행 절차별 Process Mining 기법 적용
Fig. 2. Application of process mining method by PI execution procedure

현행 프로세스 분석 단계에는 Process Mining 구조 설계를 위한 ① 프로세스 선정(Process Selection), ② 로그데이터 추출 설계(Log Data Extraction Design), ③ 측정 지표 선정(PPI, Dimension Define) 절차와 Process Mining 실행을 위한 ④ Activity 추출(Activity Extraction), ⑤ 프로세스 Merge(Process Merge), ⑥ 지표 산정(Dimension Calculation)의 절차를 수행한다.

특히 Process Mining 구조 설계 단계는 PI 방법론 중 현행 비즈니스 프로세스 분석 단계에 주로 실행되며, 이를 기반으로 Process Mining 실행은 PI 절차와 별개로 일정을 잡아서 지속적으로 진행한다.

목표 프로세스 설계 단계에서는 프로세스 분석을 위해 ⑦ 프로세스 병목 검색(Find Process Bottle Neck), ⑧ 프로세스 반복수행 분석(Analyze Process Loop), ⑨ 조직간 프로세스 비교 분석(Compare Processes) 절차를 수행하는데, 정량적인 분석을 위한 표준적인 분석 기준을 별도로 정리하여 단계별 수행 절차에서 제공하였다.

3.2 단계별 수행 절차

“Process Mining 기반의 PI 수행 기법”의 각 단계별 수행절차는 다음과 같다.

① 프로세스 선정 단계에서는 프로젝트의 사용 가능한 시간 및 리소스의 한계로 인하여 전체 프로세스 중 가장 핵심적이고 이슈가 발생할 가능성이 높은 것을 선별하여 분석 대상으로 선정한다. 프로젝트의 규모에 따라 다르지만 보통 3~5개 정도의 End-to-End 프로세스가 적당하다.

② 로그 데이터 추출 설계 단계는 정보 시스템의 물리적인 테이블에서 로그 데이터를 추출하는 단계이다. 일반적으로는 선정된 프로세스별로 Activity를 정의하고 그에 해당하는 테이블들을 하나씩 맵핑하지만 별도의 공통 로그 테이블이 존재하는 경우에는 해당 로그 전체를 Import하여 사용한다.

로그 테이블의 데이터 구조는 표 2와 같이 실행 시간, 데이터 키, Activity (일반적으로 업무 화면명), 사용자 및 조직 정보, 기타 추가 데이터 등으로 구성되며 Process Mining을 위한 표준 XML 포맷인 XES 형태로 변환하여 사용한다[15][16].

표 2. 로그 데이터 포맷 예시
Table 2. Examples of log data format

Execute time	Key	Activity	User	More Data
2018-04-12 13:23:25	04120345	Create Order	James	...
2018-04-13 07:32:02	04120345	Change Order	Tommy	...
2018-04-13 10:36:31	04120345-001	Delivery Order	James	...
2018-04-13 15:16:01	04120345-002	Purchase Order	Tommy	...

③ PPI, 분석항목 정의는 프로세스 모델을 통해 측정하고자 하는 지표를 사전에 정의하는 단계로 기존의 KPI(Key Performance Indicator)가 결과중심 지표인데 반하여 KPI를 프로세스 절차 단위로 상세하게 분해하여 설계된 Process Performance Indicator (PPI)는 과정중심의 지표라고 할 수 있다.

④ Activity 추출 단계에서 개별 로그 데이터의 Activity 들을 순서대로 재조립한다.

⑤ Process Merge 단계를 통해 개별적으로 처리된 수만 개의 프로세스를 분석하여 표준적인 업무 프로세스 모델을 생성한다. Process Merge시에는 각각의 Activity별 수행 시간 순서를 기준으로 정렬하는 Sort Merge 기법과 표준 모델을 먼저 작성한 후 해당 순서대로 재정렬하는 Key Merge 기법이 있으며 기존에 표준 프로세스 산출물을 보유하고 있는 경우에는 Key Merge 기법을 사용하나 일반적으로는 Sort Merge 기법이 주로 사용된다[13].

⑥ 지표 계산 단계에서는 각각의 프로세스별 수행 확률, 수행시간, 수행횟수, 반복 수행, 담당 조직 등의 정량적 수치를 계산하여 제공한다.

①~⑥까지의 결과를 통해 도출된 데이터들은 표 3에 나열된 Process Flow, Organization, Performance, PPI 및 Data 등의 항목별 주요 분석 기준을 참고하여 ⑦~⑨의 분석 절차를 수행한다.

⑦ Find Process Bottle Neck 단계에서는 프로세스의 수행 시간 및 반복횟수를 파악하여 병목현상이 발생하는 프로세스 및 조직 정보를 파악한다.

⑧ Analyze Process Loop은 결재 반려로 인한 재상신, 데이터 수정으로 인한 재작업 등 반복적으로 수행되는 프로세스를 찾아낸다.

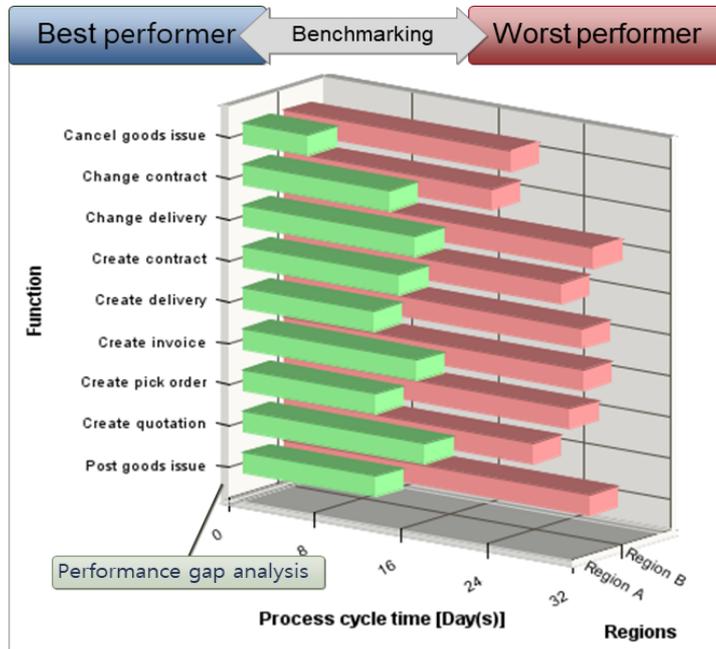


그림 3. 프로세스간 비교 분석
Fig. 3. Benchmark with processes

표 3. 프로세스 분석 기법

Table 3. Process analysis technique

Target	Method	Result
Process Flow	<ul style="list-style-type: none"> • Comparison of Actual Process vs Standard Process • Generation of processes model • Process Statistics 	<ul style="list-style-type: none"> • Discover inefficient processes (rework, loop, delay, bottleneck) • Analyze Process metric (Lead-time, delaytime, pattern)
Organization	<ul style="list-style-type: none"> • Organization/Role relation map 	<ul style="list-style-type: none"> • R&R duplicate • Work load by organization • Inter-organizational work dispersion
Performance (time)	<ul style="list-style-type: none"> • Lead time per process flow 	<ul style="list-style-type: none"> • Processing time per activity • Long time Activity • Standard lead time setting
KPI, PPI	<ul style="list-style-type: none"> • KPI measurement by process flow • PPI (Process Performance Index) 	<ul style="list-style-type: none"> • Selection of process for improvement • Identify the root cause and establish countermeasures
Data	<ul style="list-style-type: none"> • Risk analysis • Data accuracy • Outlier 	<ul style="list-style-type: none"> • What to Do to Prevent Risk • Non-compliant rules • Outlier status

⑨ 프로세스간 비교 단계에서는 그림 3과 같이 조직간 프로세스 수행 결과를 비교 분석하여 Best/Worst 케이스를 비교하고 그 원인을 분석하며 Best Case의 Process를 벤치마킹 한다.

IV. 적용 및 분석

4.1 분석 도구 및 표현 모델 선정

개발된 “Process Mining 기반의 PI 수행 기법”을 적용하기 위해서는 소프트웨어 지원도구가 필수적이다. 지원 도구로는 오픈 소스인 ProM(TU/e)[13]을 비롯하여 Discovery Analyst(Stereo LOGIC), Flow (Fourspark), Interstage Automated Process Discovery (Fujitsu), ProcessAnalyzer(QPR) 등이 주로 사용되고 있으며, 상용도구로는 Fluxicon사의 Disco와 Software AG사의 PPM(ARIS Process Performance Manger)

[13][14]이 널리 사용되고 있다. Disco는 다양한 분석 기능과 쉬운 사용법이 장점이며 PPM은 ERP에서 사용 가능한 분석 패키지와 데이터 분석 기능을 기본 제공하고 있다.

특히, 본 논문에서는 Disco와 PPM 중에 PPM을 사용하여 프로세스를 분석하였는데, 두 가지 도구 모두 “Process Mining 기반의 PI 수행 기법”을 적용하기 위해 필요한 분석 기능을 유의미한 수준으로 제공하므로 실제 동일한 결과를 도출할 것으로 예측된다.

프로세스 설계를 위한 표준 모델링 기법에는 Petri net, Workflow net, EPC, BPMN, UML Activity Diagram 등이 많이 사용된다. Petri net의 경우 플레 이스, 트랜지션, 아크의 3가지 엘리먼트만 지원되는 반면 BPMN은 50가지가 넘는 엘리먼트가 존재하는데 기본적으로 프로세스의 흐름을 순차(Sequence), 병렬(AND), 선택(XOR), 순환(Loop)으로 표현한다는 공통점이 있다[17][18].

Petri net 및 이를 보완한 Workflow-net 모델은 Process Mining 및 정보보호 시스템 평가 등에 많이 사용되고 있지만[19], PI 프로젝트의 경우에는 주로 EPC(Event driven Process Chain) 모델을 주로 사용하므로 본 논문에서도 EPC 모델을 표준으로 사용하였다.

4.2 제조업 PI 적용 결과 분석

개발된 “Process Mining 기반의 PI 수행 기법”을 A제조사의 물류 프로세스 개선을 위한 PI 프로젝트 수행에 적용하여 그림 4와 같은 정량적인 분석 결과를 도출함으로써 기존의 인터뷰 중심의 PI 프로젝트에 비해 보다 정확한 현황분석 및 원인 파악에 사용할 수 있었다.

주요 분석 대상으로 사용된 Order to Delivery 프로세스는 주문 접수부터 배송 완료까지의 절차로서 크게 1) Sales Order 생성(Ordering Error, Order Block 포함), 2) Change Order, 3) Delivery Order 생성, 4) 출하, 5) 배송의 절차 및 상세 Activity로 구성된다.

A제조사의 경우 전체 업무 혁신 및 ERP 구축을 위한 PI 프로젝트를 진행하였는데 특히 별도의 물류 창고를 없애고 구매업체에게 직배송하여 재고 관리 비용을 대폭 감소하고자 하는 요구가 있었다. 그러나 자체 물류창고를 없앨 경우 적기에 배송되지 않았을 때 구매업체에게 거액의 위약금을 물어야만 하므로 이를 해결하기 위해 ‘적기 배송’을 높이기 위한 Order to Delivery 프로세스 현황 분석 및 개선방안 설계를 진행하였다.

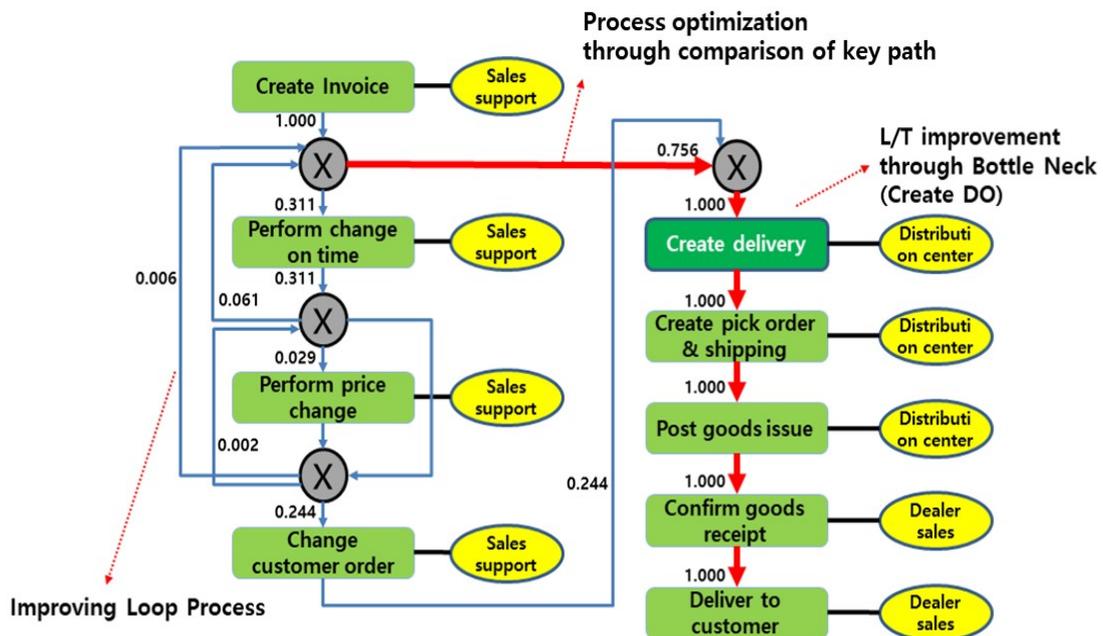


그림 4. Process mining 분석
Fig. 4. Process mining analysis

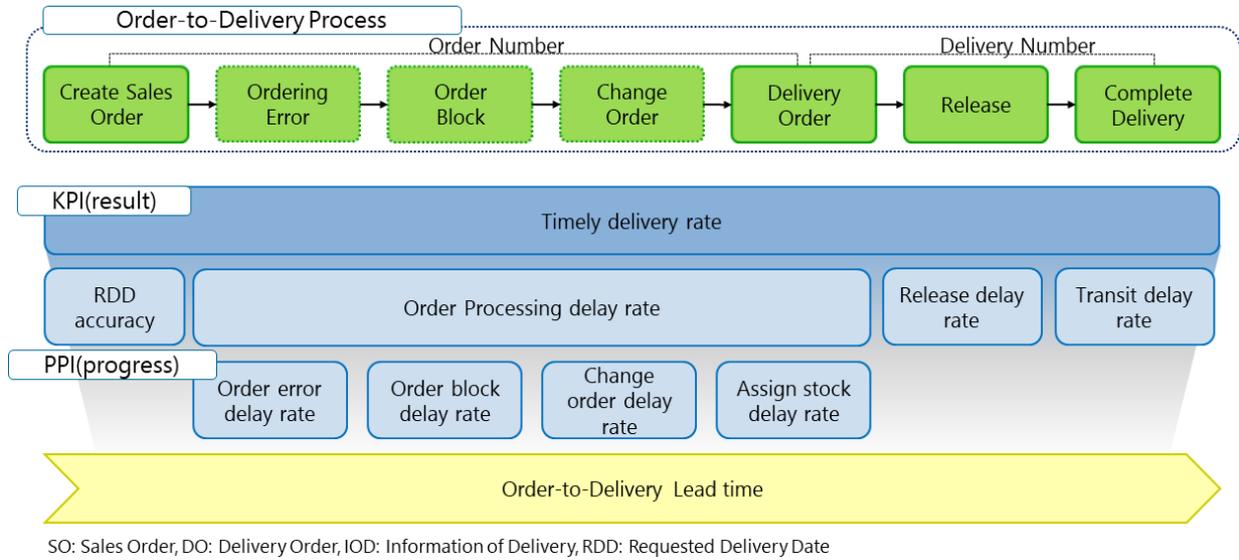


그림 5. PPI 예시
Fig. 5. Process performance indicator example

그림 5는 ‘적기 배송율’이라는 KPI를 각각의 프로세스단위로 분해하여 과정지표인 ‘주문 오류율’, ‘주문 블록 지연율’, ‘주문 변경 지연율’, ‘재고할당 지연율’ 등의 세부적인 PPI(Process Performance Indicator)를 선정하는 과정을 나타낸다. 이를 통해 전체 납기 시간에 가장 영향을 많이 주는 요소가 주문 블록 지연 (구매 업체의 소액 연체가 남아 있을 경우, 별도 예외처리를 위한 결제 진행)인 것을 파악하였으며 목표 프로세스 모델에서는 100달러 이하의 소액 연체에 대해서는 주문 블록을 예외 처리하도록 개선하는 등의 개선 방안을 통해 ‘적기 배송율’을 대폭 향상시킬 수 있었다.

4.3 금융업 PI 적용 결과 분석

B은행의 PI 프로젝트에서는 여신 프로세스 처리 시간 단축을 핵심 과제로 선정하여 “Process Mining 기반의 PI 수행 기법”을 적용하였다. 은행의 여신관리 시스템은 모든 거래내역을 감사하도록 구성되어 있어 모든 거래 건에 대한 거래 일시, 수행 담당자, 여신상담번호, 여신번호 등을 감사기록 테이블에 모두 남기고 있었기에 Process Mining을 위해 감사테이블과 PPM 솔루션을 연결함으로써 모든 로그파일을 한 번에 가져올 수 있었다.

여신 프로세스의 주요 수행 경로는 1) 고객상담,

2) 서류등록 3) 서류검토 4) 여신심사 5) 추가서류징구 6) 대출실행 등이며 세부 Activity는 대출 유형 및 담당자에 따라 8단계에서 182단계까지 다양한 유형이 발생한다. 가계 대출의 경우 최적의 프로세스는 8단계 만에 대출이 실행까지 완료되는 것이나 분석결과 대부분 40단계 이상의 프로세스가 발생하였고, 최장 182단계까지의 장기 프로세스가 발생하였다.

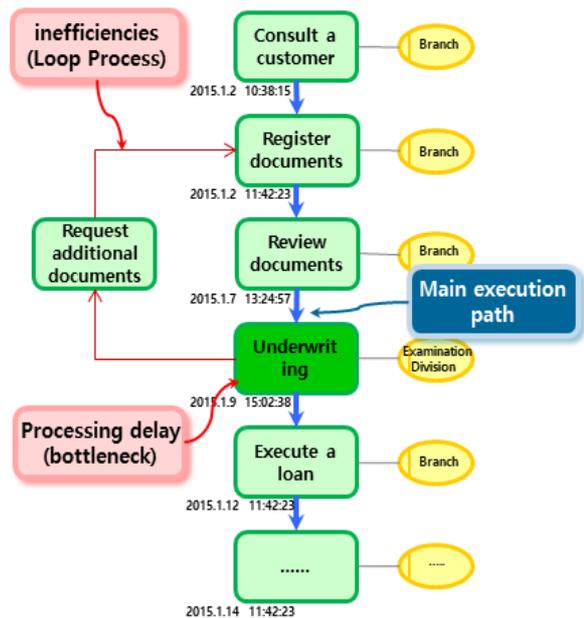


그림 6. 여신 프로세스 분석
Fig. 6. Loan process analysis

그림 6의 분석결과를 보면 이러한 프로세스 장기화 현상은 Activity의 반복에서 기인한 것으로 주로 대출 심사 시 서류 미비, 내용 미흡으로 반려되어 내용 보완 후 재심사를 실행하는 데서 병목현상이 발생한 것을 알 수 있다.

주로 반려 및 재심사가 발생하는 것은 기업 대출이 많았는데 가계 대출에 비해 상품 유형이 복잡하고 상품에 따라 필요한 서류들이 다양할 뿐만 아니라 일부 영업점의 경우 기업대출관련 경험이 부족한 직원이 담당하고 있었기에 영업점간 업무 분장 정비 및 후선지원 조직을 강화하도록 개선방안을 제시하였다. 영업점간 성과 비교를 통해 Best Performer와 Worst Performer를 진단하고 영업점간 차이가 발생하는 원인을 분석한 결과 담당자의 경력과 계절적인 요인에 높은 점수가 발생하였는데, 이는 집단 대출 발생이 특정지역, 특정 시점에 집중되어 발생한 것이 근본 원인이었다.

특히 기업여신이 개인여신보다 프로세스 병목현상 및 재실행률이 2.8배나 높으며 담당자의 경력에 따라 프로세스 수행 시간에 매우 큰 차이가 나타남을 수치적으로 제공함으로써 영업점간 인력 순환 배치 및 업무 수행 속도 단축을 위한 개선방안을 제시할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 PI 방법론에 Process Mining 기법을 융합함으로써 기업의 업무혁신을 위한 새로운 PI 수행 도구 및 절차를 개발하였으며, 이를 실제 PI 프로젝트에 적용함으로써 실제적인 효과를 검증하였다. 특히 시스템 로그를 통해 추출한 프로세스 모델로부터 현행 업무 프로세스의 정확한 흐름을 파악할 수 있을 뿐 아니라, 업무흐름에서 병목현상이 발생하는 구간, 업무의 반복 수행, 조직/지역별 업무효율 편차, 표준 프로세스를 준수하지 않는 예외 상황 등 추가적인 정보를 함께 획득할 수 있었으며, 이를 활용하여 보다 구체적인 업무혁신 방안을 제시할 수 있음을 실무적으로 확인하였다.

References

- [1] S. Park and Y. S. Kang, "A study of process mining-based business process innovation", *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 91, pp. 734-743, Jul. 2016.
- [2] W. M. P. van der Aalst, A. Adriansyah, and M. Song et al., "Process mining manifesto", In *Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer Verlag, Vol. 99, pp. 169-194, Aug. 2011.
- [3] W. M. P. van der Aalst, M. la Rosa, and F. M. Santoro, "Business process management", *Bus. Inf. Syst. Eng.*, Vol. 58, No. 1, pp. 1-6, Jan. 2016.
- [4] M. Hammer, "Re-engineering work: don't automate, obliterate", *Harvard Business Review*, Vol. 68, No. 4, pp. 104-112, Jul. 1990.
- [5] P. H. Davenport, "Process innovation: reengineering work through information technology", Harvard Business School Press, 1993.
- [6] J. Y. Kim and B. S. Lee, "A study on integration ISP methodology by connection with EA and BPR", *Journal of KIIT*, Vol. 10, No. 10, pp. 201-212, Oct. 2012.
- [7] J. H. Nam, "Process Innovation methodology", *Journal of KAABA*, Vol. 22, No. 3, pp. 1337-1356, Jun. 2009.
- [8] C. M. Christensen and M. Overdorf, "Meeting the challenge of disruptive change", *Harvard Business Review*, Vol. 78, No. 2, pp. 66-77, Apr. 2000.
- [9] A. J. Cozijnsen, W. J. Vrakking, and M. van Ijzerloo, "Success and failure of 50 innovation projects in Dutch companies", *Eur. J. Innov. Manag.*, Vol. 3, No. 3, pp. 150-159, Sep. 2000.
- [10] W. M. P. van der Aalst, "Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes", Springer Heidelberg Dordrecht, New York, Aug. 2011.
- [11] W. M. P. van der Aalst, "Process mining: data science in action", Springer, New York, 2016.
- [12] Process Mining Tool : ProM Tools Official Site, <http://www.promtools.org/doku.php>, [accessed: Aug. 10, 2018]

- [13] Software AG, "Automatic process discovery with ARIS process performance manager", (White paper), Germany, 2018.
- [14] Process Mining Tool : ARIS PPM fact sheet, https://www.softwareag.com/corporate/products/process/process_mining/default.html, [accessed: Sep. 4, 2018]
- [15] C. W. Gunther and H. M. W. Verbeek, "XES - standard definition", BPM reports, Vol. 1409, Mar. 2014.
- [16] "IEEE Standard for eXtensible Event Stream (XES) for Achieving Interoperability in Event Logs and Event Streams", IEEE Standard, pp. 1849-2016.
- [17] J. E. Ingvaldsen and J. A. Gulla, "Model-based business process mining", Information Systems Management, Vol. 23, No. 1, pp. 19-31, Dec. 2006.
- [18] J. Becker, M. Rosemann, and C. von Uthmann, "Guidelines of business process modeling", Business Process Management, Springer, pp. 30-49, Mar. 2000.
- [19] S. Y. Kim and Y. O. Song, "Evaluation management on information security system using Workflow-Net model", Journal of KIIT, Vol. 2, No. 2, pp. 37-45, Dec. 2004.

이 후 진 (Hoojin Lee)



1997년 2월 : 서울대학교
전기공학부(공학사)

2002년 5월 : The University of
Texas at Austin, ECE(M.S.E.)

2007년 12월 : The University of
Texas at Austin, ECE(Ph.D.)

2008년 1월 ~ 2009년 6월 :

Freescall Semiconductor, Inc., Systems & Architecture
Engineer

2009년 9월 ~ 현재 : 한성대학교 IT융합공학부 및
스마트건설링학과 교수

관심분야 : 통신 및 네트워크 시스템, 멀티미디어
신호처리, 사이버보안

저자소개

정 찬 일 (Chanyil Jung)



1997년 2월 : 동국대학교
윤리학과(학사)

2009년 2월 : 고려대학교
디지털정보공학과(공학석사)

2017년 3월 ~ 현재 : 한성대학교
스마트융합건설링학과 박사 과정
㈜이노디지털 상무(PI 컨설턴트)

관심분야 : 프로세스 마이닝, 머신러닝, 빅데이터