

프로세스 마이닝을 활용한 제품 수리 프로세스 분석 사례연구

양한나 · 송민석[†]

울산과학기술대학교 경영학부

Analyzing Repair Processes Using Process Mining : A Case Study

Hanna Yang · Minseok Song

School of Business Administration, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

A lot of research works in the BPM area focuses on the development of new techniques in process mining. Even though the application of process mining to analyze real life process logs is important, only few case studies are available. Thus, in this paper, we conduct a case study on how to analyze a real life process log which comes from a Korean company in the heavy industry area. We analyze a customer service process that consists of a series of activities to enhance the level of customer satisfaction. In this case study, five research questions are derived based on collected questions from the company. Then we focus on bottleneck analysis, basic performance analysis and pattern analysis that are selected in order to answer the research questions. The analysis shows some abnormal behaviors in the process and possible ways to improve current processes are suggested.

Keywords: Process Mining, Service Process, Process Analysis

1. 서론

많은 기업들이 운영 효율성 향상을 위하여 비즈니스 프로세스를 관리하고 개선하고자 노력한다(van der Aalst *et al.*, 2007; van der Aalst *et al.*, 2004). 이러한 노력의 일환으로, 기업들이 정보시스템 도입에 많은 투자를 하고 있으며, 시스템과 시스템에서 생성되는 데이터를 활용하여 비즈니스 프로세스를 관리하고 있다(Gable *et al.*, 2008). 특히, 비즈니스 프로세스의 개선을 위해 정보시스템에서 생성된 트랜잭션 데이터를 분석하는 것이 중요해지면서, 프로세스 마이닝을 활용하여 프로세스를 분석하고자 하는 시도가 증가하고 있다. 프로세스 마이닝은 실제 업무 수행 기록인 이벤트 로그를 분석하여 해당 프로세스와 관련된 의미 있는 정보를 찾는 연구 분야이다(van der Aalst *et al.*, 2007; IEEE Task Force on Process Mining, 2011; van der Aalst *et al.*, 2010).

실제 기업의 이벤트 로그를 분석하기 위해서는 프로세스 마

이닝 기법 중 프로세스 모델 분석과 성과 분석이 가장 유용하게 사용된다(van der Aalst *et al.*, 2010). 모델 분석을 통해서서는 실제 업무 흐름과 기업에서 정해 놓은 표준 프로세스 모델에 어긋나는 업무 흐름을 파악 할 수 있다. 성과 분석을 통해서서는 프로세스에서 지연문제가 발생하는 업무 혹은 업무 구간을 발견할 수 있으며, 리소스 측면에서의 개별적인 성과 측정과 문제 파악 또한 가능하다(Rozinat and van der Aalst, 2008). 프로세스 마이닝은 다양한 산업 분야의 프로세스 분석에 적용할 수 있으며, 헬스케어(Mans *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2013), 항만(Wang *et al.*, 2014), 제조(Son *et al.*, 2014), 조선(Lee and Bae, 2013; Bae *et al.*, 2011) 분야 프로세스 분석 사례들이 소개되었다. 뿐만 아니라 기업의 ECM(Enterprise Content Management) 시스템의 데이터를 프로세스 마이닝을 적용해 분석한 사례도 소개되었다(Lee *et al.*, 2012).

하지만 아직 국내에서 프로세스 마이닝을 실제 기업의 프로세스 로그에 적용한 사례연구는 부족한 실정이다. 그 중에서도

헬스케어를 제외한 다른 산업 분야의 서비스 프로세스 분석은 고객 서비스 중요성에도 불구하고 분석 기법과 사례연구가 부족하다. 기업의 고객 서비스 품질은 고객 만족도와 직결되며, 이는 고객 이탈 여부에 영향을 준다(Dougherty and Murthy, 2009; Pavlou and El Sawy, 2010). 즉, 기업 입장에서 서비스 프로세스는 수익과 직결되는 중요한 비즈니스 프로세스 중 하나이며, 분석을 통한 문제 파악과 지속적인 개선이 필수적이다. 이에 본 논문은 서비스 프로세스 분석 프레임워크를 제안하고, 국내 기업 A사의 전기 설비 부서 고객 서비스 프로세스의 이벤트 로그를 활용한 사례연구를 제시한다.

논문의 사례연구에서는, 관련 실무자들로부터 고객 서비스 품질 관련 질문을 수집한 후, 이를 바탕으로 관리자들과 논의하여 5가지 연구 질문들을 도출하였다. 그리고 연구 질문에 따른 적절한 프로세스 마이닝 기법을 선정하여 로그를 분석하였다. 병목 구간 분석, 기본 성과 분석, 패턴분석을 수행하였으며, 그 결과 현장작업 업무와 보고 업무의 긴 대기시간, 업무 담당자의 행동 패턴 차이 등이 문제점으로 나타났다. 그리고 파악한 문제들과 그 외의 전체적인 프로세스 분석 결과를 바탕으로 관리자들과 논의하여 개선 방안을 수립하였으며, 업무 체계 개선, 업무 패턴 표준화 및 정형화, 업무 담당자 교육이 제안되었다. 즉, 사례연구를 통해 해당 기업의 실무자들이 인지하지 못했던 업무 현황의 특이사항과 문제점을 찾을 수 있었으며, 해결 방안 또한 사례연구 결과를 바탕으로 수립할 수 있었다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 관련 연구를 정리하고, 제 3장에서는 프로세스 마이닝 기반 서비스 프로세스 분석 프레임워크를 소개한다. 그리고 제 4장에서는 사례연구 수행 과정과 분석 결과를 기술하며, 마지막으로 제 5장에서는 결론과 추후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

프로세스 마이닝은 정보시스템에 저장된 이벤트 로그를 분석해서 관련 업무 흐름에 대한 의미 있는 정보를 추출하는 연구 분야로, 주요 목적은 프로세스를 분석하여 실제 프로세스를 발견하고, 모델의 적합성을 측정하며 분석결과를 통해 프로세스를 개선 및 확장시키는 것이다(van der Aalst *et al.*, 2007; van der Aalst *et al.*, 2004; IEEE Task Force on Process Mining, 2011). 실제 프로세스를 발견하는 것은 이벤트 로그로부터 자동으로 프로세스 모델을 도출하는 것을 의미한다(Jans *et al.*, 2011; Rozinat and van der Aalst, 2008; Tsai *et al.*, 2010; Datta, 1998; van der Aalst *et al.*, 2011; van der Aalst *et al.*, 2010). 복잡한 프로세스 모델의 계층화(Günther and van der Aalst, 2007) 및 군집화(Bose and van der Aalst, 2009; Song *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2009)에 관한 연구도 소개되었다. 그리고 적합성을 분석하는 것은 발견된 프로세스 모델이 프로세스 로그를 적절하게

설명하는지 분석하는 것이다(Rozinat and van der Aalst, 2008; van der Aalst *et al.*, 2010). 마지막으로 프로세스 개선 및 확장은 이벤트 로그로부터 얻은 정보를 프로세스 모델에 도입하여 프로세스 모델을 향상 시키는 것을 의미한다(Rozinat and van der Aalst, 2008; Maruster and Beest, 2009) 대표적으로, 프로세스 모델로부터 작업자 간의 관계성을 파악하는 사회 연결망 분석이 포함된다(Choi *et al.*, 2007).

프로세스 마이닝을 활용하여 프로세스를 분석한 몇몇의 사례연구가 소개되었다. Molka *et al.*(2012)은 네덜란드 재무 기관의 개인 대출 신청 프로세스를 분석하기 위해 Dotted chart를 활용한 프로세스의 성과 특성 분석, 인적자원의 성과분석 등을 수행했다. van der Aalst *et al.*(2007)은 네덜란드 지방 관청의 이벤트 로그를 대상으로 케이스의 성향에 따른 성과분석을 수행했으며, Bozkaya *et al.*(2009)은 네덜란드 정부 조직의 이벤트 로그를 사용해서 병목분석, 업무 별 소요시간 분석을 수행했다. Mans *et al.*(2008)은 네덜란드 병원의 부인과 중앙환자 치료 프로세스의 각 업무에 대한 체류시간 성과 분석을 수행했으며, Dotted chart와 Meter chart를 활용하였다. Kim *et al.*(2013)도 병원의 환자 진료 프로세스를 대상으로 성과 분석을 수행하였으며, 환자, 작업, 작업자, 패턴 별로 작업 빈도 수 및 소요시간을 주요 성과지표로 사용하여 프로세스를 분석 하였다. Son *et al.*(2014)은 Manufacturing Execution System에서 이벤트 로그를 추출하여 제조업 생산 프로세스 분석 사례연구를 소개했고, 프로세스 모델 도출, 병목 분석, 공정별/설비별 작업 소요시간과 설비 가동률 분석 등을 수행하였다. 또한, Lee and Bae(2013)은 프로세스 마이닝을 이용하여 블록 이동 프로세스를 분석할 수 있는 프레임워크를 제시하였으며, Yahya *et al.*(2011)은 선박 통관 프로세스의 유사성 측정 등을 수행하였다. 하지만, 아직 실제 기업의 프로세스 분석에 프로세스 마이닝을 적용한 연구는 부족한 실정이며, 특히 서비스 프로세스 분석에 대한 연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 서비스 프로세스 분석 방법론과 실제 사례연구 결과를 제시한다.

3. 분석 프레임워크

논문에서 제시하는 서비스 프로세스 분석 프레임워크는 <Figure 1>과 같다. 프레임워크는 총 4개의 step으로 구성되어 있다. 첫 번째 step은 연구 질문을 정의하는 것이다. 먼저 프로세스 관련 실무자들로부터 프로세스에 대해 알고 싶은 점, 분석이 필요한 부분 등 관련 질문을 수렴한다. 이후 수렴된 질문들을 바탕으로 관리자와 논의하여 연구 질문을 정의한다. 두 번째 step은 정의된 연구 질문에 대한 답을 도출할 수 있는 분석 방법과 그에 따른 구체적인 프로세스 마이닝 기법을 선정하는 것이다. 이 과정에서는 분석에 활용할 수 있는 프로세스 분석 방법들이 모두 고려되며, 해당 방법과 관련된 구체적인 프로세스 마이닝 기법이 선정된다. 세 번째 Step인 이벤트 로그 분석

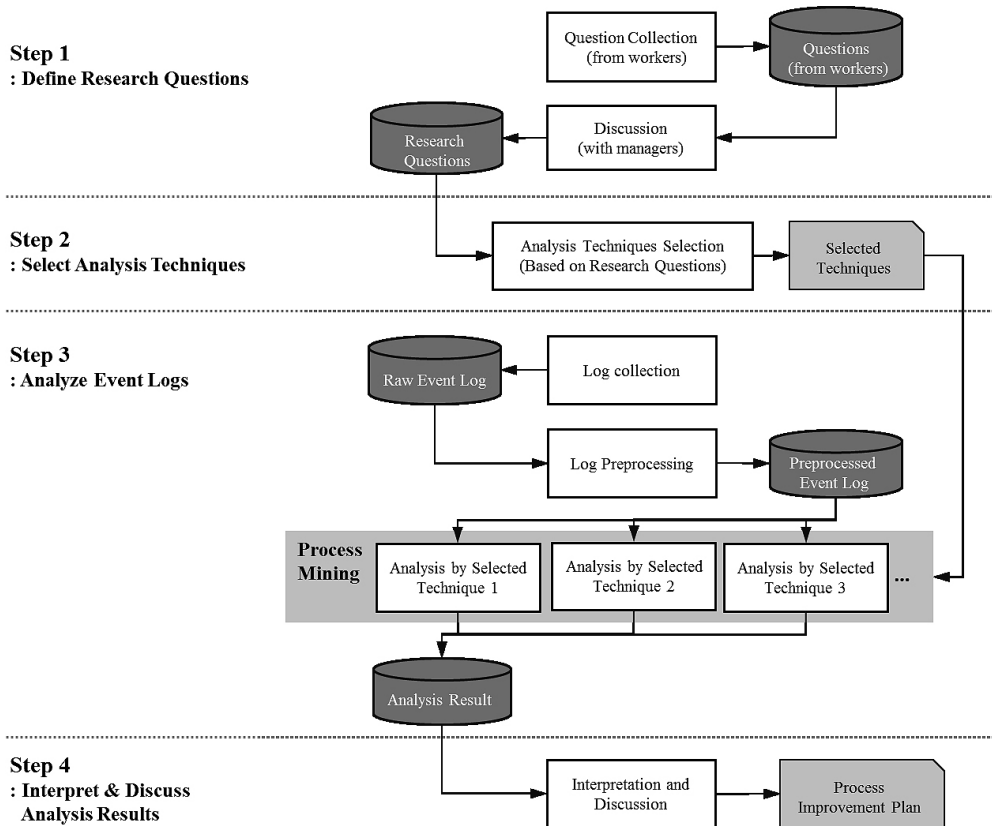


Figure 1. A service process analysis framework using process mining

에서는 앞서 선정된 프로세스 마이닝 기법을 적용하여 이벤트 로그를 분석하며, 그 과정은 다음과 같다. 먼저 정보 시스템에서 해당 프로세스의 이벤트 로그를 수집한다. 하지만 이렇게 수집된 이벤트 로그는 프로세스 마이닝 분석에 적합한 구조를 가지고 있지 않거나 데이터 오류 혹은 데이터 누락이 많이 포함되어 있을 수 있다. 따라서 로그 전처리를 통해 프로세스 마이닝에 적합한 구조를 가지고 있으며, 노이즈가 적은 이벤트 로그를 확보한다. 전 처리된 이벤트 로그는 두 번째 Step에서 선정된 프로세스 마이닝 기법을 적용하여 분석한다. 그리고, 마지막 step에서는 분석 결과를 해석하고, 해석을 통해 발견된 문제점과 전체적인 분석 결과를 바탕으로 프로세스 관련 관리자와 논의하여 프로세스 개선 방안을 마련한다.

<Table 1>은 Step 1에서 도출 가능한 연구 질문의 예시와, 그에 따라 Step 3에서 활용 가능한 분석 방법 및 프로세스 마이닝 기법을 정리한 표이다. 각 분석 방법의 설명은 다음과 같다. (1) 프로세스 발견은 재 업무 및 비표준 업무 흐름을 모두 포함하는 실제 프로세스 모델을 도출하는 것으로, 도출된 프로세스 모델과 표준 프로세스 모델을 비교하여 업무 흐름이 다른 구간의 파악이 가능하다. 더 나아가 업무 흐름이 다른 구간의 원인 분석을 통해 표준 프로세스 모델의 문제점 파악 및 프로세스 개선 방안 모색이 가능해진다. (2) 병목 구간 분석은, 도출된 프로세스 모델을 바탕으로 모델 내에서 업무 시간이 오래

걸리는 병목 구간을 찾는 것이다. 또한 특정 두 업무 간의 통과 시간 측정도 수행 할 수 있다. (3) 패턴분석에서는, 먼저 모든 케이스의 업무 흐름을 분석하여 빈도가 높은 순서대로 패턴을 도출한다. 그리고 전체 케이스에서 빈도가 높은 주요 패턴에 해당하는 케이스의 비율을 계산하여 프로세스 표준화 정도를 측정할 수 있다. 뿐만 아니라, 주요 패턴의 로그를 추출하여 구체적인 프로세스 분석이 가능하다. (4) 로그와 프로세스 모델 간의 적합도 분석을 통해서 두 가지 분석이 가능하다. 먼저, 표준 프로세스 모델과 이벤트 로그의 적합도를 측정하여 표준 프로세스 모델의 실제 업무 흐름을 반영하는 정도를 파악할 수 있다. 그리고, 도출한 프로세스 모델과 이벤트 로그와의 적합도를 측정하여 도출한 프로세스 모델이 이벤트 로그를 어느 정도 설명하는지 측정할 수 있다. (5) 도출된 프로세스 모델을 바탕으로 애니메이션을 활용한 시각화도 가능하다. 시간대 별 업무 흐름의 관찰, 병목 현상이 일어나는 구간 및 시간대 파악이 가능하다. (6) 업무 별 Dotted chart 분석과 (7) 업무 담당자 별 Dotted chart 분석은 업무 혹은 업무 담당자 별로 업무 수행 시점을 점으로 나타내어 수행 분포도를 도출하고 분석하는 것으로, 각 시간대별 업무 수행 빈도, 업무 과부하 정도의 확인이 가능하다. (8) 업무 이관에 따른 네트워크는 업무 담당자 간의 업무 이관빈도를 측정하여 도출하는 소셜 네트워크로, 네트워크 분석 기법을 통해 전체 업무 흐름의 중심이 되는 업무 담당자를 파악할 수 있다. (9) 조직 분석은 이벤트 로그를 기반으로

Table 1. Applicable analysis methods and specific process mining techniques based on research questions

	Research Questions(examples)	Analysis Methods	Specific Process Mining Techniques
1	<ul style="list-style-type: none"> • What is an actual workflow? • Is there any difference between reference process model and actual workflow? 	Process Discovery	<ul style="list-style-type: none"> • Heuristic Miner • Fuzzy Miner • Comp Miner • Alpha Algorithm • Genetic Algorithm
2	<ul style="list-style-type: none"> • Where are bottlenecks in business processes? 	Bottleneck Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Performance analysis with petri-net
3	<ul style="list-style-type: none"> • How well is a business process standardized? 	Pattern Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Performance Sequence Diagram Analysis • Advanced Dotted Chart Analysis
4	<ul style="list-style-type: none"> • Do the workers follow the workflow that a reference process model describes? • Is the discovered process model reliable? 	Conformance	<ul style="list-style-type: none"> • Conformance Checker
5	<ul style="list-style-type: none"> • How does an actual process work? 	Animation	<ul style="list-style-type: none"> • Fuzzy Miner • Fuzzy Model Animation
6	<ul style="list-style-type: none"> • What is a workload of each activity(per hour/per day/ per week)? 	Dotted Chart Analysis (for Each Activity)	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Dotted Chart Analysis
7	<ul style="list-style-type: none"> • What is a workload of each worker(per hour/per day/ per week)? • Is a distribution of work among workers fair? 	Dotted Chart Analysis (for Each Worker)	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Dotted Chart Analysis
8	<ul style="list-style-type: none"> • What is a social network of workers who are involved in a process? • Who plays an important role in a process? 	Handover-of-work Network Discovery	<ul style="list-style-type: none"> • Social Network Miner • Frequency Miner
9	<ul style="list-style-type: none"> • What is an organizational structure? • Does each worker execute activities that he is assigned? 	Organizational Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Organizational Miner
10	<ul style="list-style-type: none"> • How soon does a worker arrive at a customer? • How fast does a worker provide a service? • How long does it take to finish a case? 	Performance Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Basic Performance Analysis • Basic Log Statistics
11	<ul style="list-style-type: none"> • What are benefits when improvement plans applied to the process? 	Simulation	<ul style="list-style-type: none"> • Alpha Miner • Organizational Miner • Decision Tree • CPN Tool

업무 담당자들의 조직 구조를 파악하는 것으로, 업무 담당자의 그룹화가 가능하고, 프로세스에 참여하는 업무 담당자들의 실제 조직 구조를 파악할 수 있으며, 도출된 조직구조를 표준 조직구조와 비교하여 조직구조 문제점 파악 및 개선안 도출이 가능하다. (10) 성과분석을 통해서도 각 업무의 수행시간 및 대기시간의 최대, 최소, 중간, 평균값의 측정과 도표화가 가능하며, 프로세스의 시작부터 완료까지의 통과시간(throughput time)의 최대, 최소, 중간, 평균 값 측정 및 도표화가 가능하다. 이를 통해 수행시간 혹은 대기시간 측면에서 문제가 있는 업무 파악과 통과시간이 긴 케이스의 문제점 파악이 가능하며, 문제구간의 원인 분석도 추가적으로 수행 할 수 있다. (11) 시뮬레이션은 프로세스 마이닝을 통한 분석과 개선 방안 제안이 완료된 후, 개선 방안을 실제로 적용했을 때의 영향과 그 결과를 예측하기 위한 수행한다. 실제 기업 이벤트 로그를 기반으로 시뮬레이션 모델을 구축하고, 시뮬레이션 모델에 개선 방안을 적용하여 이벤트 로그를 생성한 후 생성된 이벤트 로그를

분석하면, 개선 전후의 프로세스 간 비교 분석이 가능해진다 (Rozinat *et al.*, 2009).

4. 사례연구 - 고객 서비스 프로세스 분석

본 장에서는 사례연구에 활용된 고객 서비스 프로세스를 소개하고, 제 3장에서 제안한 프로세스 분석 프레임워크를 바탕으로 수행한 사례연구 수행 과정과 분석 결과를 설명한다.

4.1 분석 대상 프로세스-고객 서비스 프로세스

본 사례연구의 분석 대상인 고객 서비스 프로세스는 접수, 출장전처리, 출장, 현장작업, 출장복귀, 보고결재, 재발방지 대책, 총 7개의 업무로 구성되어 있다. 해당 기업이 지향하는 표준 프로세스 모델은 <Figure 2>와 같다. 표준 프로세스

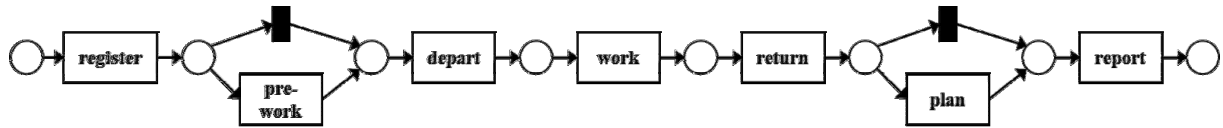


Figure 2. A reference model for a customer service process

의 시작 업무는 고객의 서비스 요청 접수이다. 접수가 완료 되면 출장 업무가 수행된다. 접수와 출장 사이에는 필요한 경우에 한하여 출장전처리 업무가 수행되며, 출장전처리 업무에는 자재 수급, 사전 확인 등의 출장 전에 처리 가능한 활동이 포함된다. 출장 업무 이후에는, 고객이 요청한 서비스를 제공하는 현장작업이 수행되고, 현장작업 업무가 완료되면 출장복귀 업무가 수행된다. 출장복귀 이후에는 보고결재 업무가 수행되며, 필요한 경우 재발방지대책 논의 업무가 수행된다.

완료까지 프로세스 단위의 통과시간을 의미한다. 연구 질문 2, 3, 4번은 결국 케이스의 통과시간과 각 업무의 대기시간, 수행시간으로 답변될 수 있으며, 기본 성과 분석을 통하여 각 시간 값의 평균값을 측정한다.

연구 질문 5번은 고객 서비스 프로세스의 표준화 정도를 질문하는 것으로 업무 수행 패턴의 다양성을 분석하면 답을 얻을 수 있다. 만약 업무 수행의 주요 패턴들이 발견되고 해당 주요 패턴을 보이는 케이스의 비율이 높다면, 프로세스의 표준화 정도가 높다고 볼 수 있다.

4.2 Step 1 : 연구 질문 정의

사례연구의 연구 질문 정의를 위해, A사 고객 서비스 부서의 실무자들에게 분석 관련 질문을 수렴하였으며, 정의된 연구 질문은 아래와 같다.

1. 어떠한 구간에서 오래 걸리는가
2. 얼마나 빠르게 고객 요청에 대응하는가
3. 얼마나 빠르게 서비스를 제공하는가
4. 프로세스 완료에 걸리는 기간은
5. 얼마나 프로세스가 표준화되어 있는가

연구 질문 1번은 어떤 구간에서 업무 흐름이 정체되고 있는가를 질문하는 것으로, 도출한 프로세스 모델과 이벤트 로그를 활용하여 병목 구간 분석을 수행하면 결과를 얻을 수 있다.

연구 질문 2번은 서비스 제공을 위해 업무 담당자가 고객의 현장에 얼마나 빨리 도착하는가에 대한 질문이다. 이는 접수 이후 출장 업무를 수행하기까지의 시간을 의미한다. 3번은 고객이 요청한 서비스가 얼마나 빨리 제공 되었는가를 질문하는 것이다. 즉, 고객에게 서비스를 제공하는 업무인 현장작업 업무의 수행시간을 의미한다. 4번은 각 케이스가 얼마나 빨리 완료되었는가를 질문하는 것으로, 접수 시작 시점부터 보고결재

4.3 Step 2 : 프로세스 마이닝 기법 선정

정의된 연구 질문을 바탕으로 분석 대상 이벤트 로그에 적용할 프로세스 마이닝 기법을 선정하였다. 연구 질문과 선정된 분석 방법, 사용된 구체적인 프로세스 마이닝 기법은 <Table 2>에 정리되어 있다. 본 사례연구에서 사용한 3가지 분석 방법은 ProM과 Disco에 구현되어 있는 프로세스 마이닝 기법을 활용하였다. 먼저 병목 구간 분석은 ‘Heuristic Miner’와 ‘Performance Analysis with Petri Net’ 기법을 활용한다. 프로세스 모델에 병목 구간을 나타내주며, 정체 구간의 대기시간을 계산하여 해당 구간의 병목 정도를 파악할 수 있다. 프로세스 통과 시간과 업무 별 수행시간 및 대기시간은 ‘Basic Performance Analysis’ 기법을 적용하여 측정하며, 각 시간 값의 최대, 최소, 중간, 평균값을 구할 수 있다. 패턴분석은 ‘Performance Sequence Diagram Analysis’와 ‘Advanced Dotted Chart Analysis’ 기법을 활용한다. 로그 내 케이스들의 패턴, 패턴 종류의 수, 패턴 별 케이스 수를 도출할 수 있다.

4.4 Step 3 : 이벤트 로그 분석

Step 2에서 정의된 분석 방법과 프로세스 마이닝 기법을 바탕으로 설정된 이벤트 로그 분석 과정은 <Figure 3>과 같다.

Table 2. Selected analysis techniques and specific process mining techniques

Research Questions	Analysis Techniques	Specific Process Mining Techniques
1. Where are bottlenecks in business processes?	Bottleneck analysis	Heuristic miner Performance analysis with petri net
2. How soon does a worker arrive at a customer? 3. How fast does a worker provide a service? 4. How long does it take to finish a case?	Performance Analysis	Basic performance analysis
5. How well are business processes standardized?	Pattern Analysis	Performance sequence diagram analysis Advanced dotted chart analysis

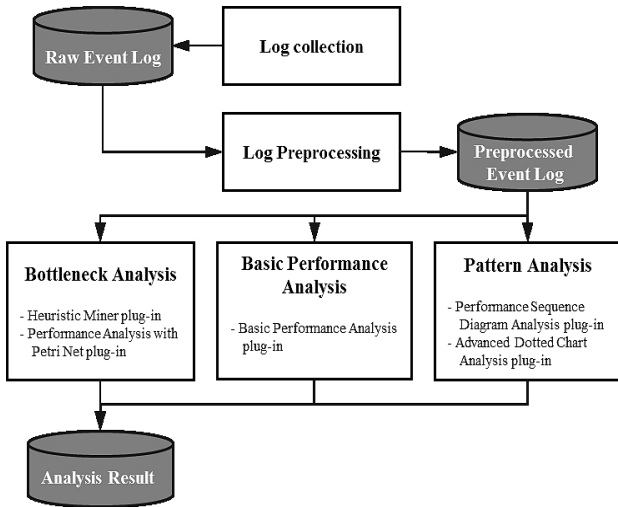
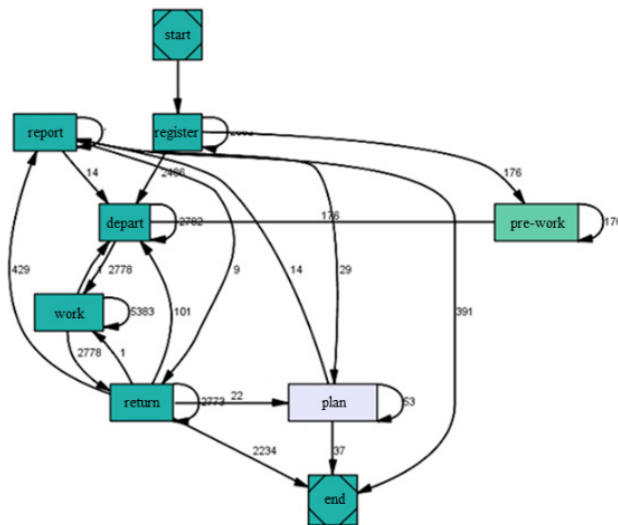
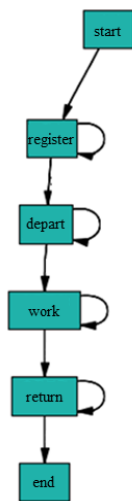


Figure 3. The analysis procedure of step 3 of the case study



(a) Threshold = 0



(b) Threshold = 429

Figure 4. A process model generated by using 'Comp Miner'

4.4.1 이벤트 로그 전처리 및 파악

실제 기업의 이벤트 로그는 많은 오류를 포함하고 있으므로 전처리가 필요하다. 사례연구에 사용된 이벤트 로그는, 해당 이벤트 로그 관련 전문가의 자문을 통해서 명백한 데이터 오류나 누락으로 판명된 이벤트 혹은 케이스는 전처리 과정을 거쳤다. 첫 번째로, 해당 업체와 논의한 로그 기록 기간에서 벗어나는 케이스가 존재하였는데, 관리자들에게 설명 후 해당 케이스들은 삭제하였다. 두 번째로, 로그의 기록 기간에서 벗어나지 않지만, 아직까지 완료되지 않은 케이스들을 삭제하였다. 전처리 과정을 거친 이벤트 로그에는 약 2,600여 개의 케이스와 약 13,000여 개의 업무가 있으며, 한 케이스 당 최소 4개, 최대 58가지의 업무가 기록되어 있다.

프로세스의 전체적인 파악을 위해서, 'Comp Miner'를 활용하여 프로세스 모델을 도출하였다. 'Comp Miner'는 프로세스 로그 내의 업무 간의 이관 관계를 기반으로 업무 출현 빈도와 업무 이관 빈도를 표시해 업무 수행의 전체적인 구조 나타내 준다. 업무의 출현 빈도와 업무 간의 이관관계 출현 빈도에 대해서 한계 값을 부여하여 모델을 도출할 수 있으며, 한계 값을 충분히 높게 설정하면 프로세스에서 가장 주축이 되는 업무 흐름을 알 수 있다. <Figure 4(a)>는 한계 값을 0으로 설정하여 모델을 도출한 것으로, 로그에 나타나는 모든 업무와 업무 간의 이관 관계를 볼 수 있다. <Figure 4(b)>는 한계 값을 429로 설정하여 모델을 도출한 결과로, 이 모델에는 출현 빈도가 429번 이하인 업무나 업무 이관 관계는 생략되었다. 업무 빈도 측면에서, A사 고객 서비스 프로세스의 핵심 업무 패턴은 '접수 → 출장 → 현장작업 → 출장복귀'임을 알 수 있다.

4.4.2 병목 구간 분석

프로세스 수행에 지장을 주는 구간을 찾고 해당 구간의 업무 지체 정도를 측정하기 위해서 병목 구간 분석을 수행하였다. 병목 구간 분석을 위해서는 'Heuristic Miner', 'Performance Analysis with Petri Net'을 활용하였다. 고객 서비스 업무는 고객의 요청에 대한 빠른 대응이 중요하다. 따라서 기업입장에서는, 업무 대기시간이 길어지는 업무 구간을 파악하고 문제점을 분석하여 인력 재배치나 업무 환경 및 시스템 개선 등과 같은 해결책을 마련해야 한다. 하지만 업무 과정을 관찰하거나, 직원들의 인터뷰를 통해 문제점이 있는 업무 구간은 파악하는 것은 시간 및 비용 측면에서 실질적으로 불가능하다. 따라서, 업무 과정을 그대로 반영하여 기록되어 있는 이벤트 로그를 사용하여 분석하는 프로세스 마이닝 기법을 사용하는 것이 효과적이다.

프로세스 모델의 병목 구간 분석을 위해서는 프로세스 모델이 페트리넷 형태를 가져야 한다. 이는 'Performance Analysis with Petri Net'의 결과가 페트리넷의 place의 색상으로 구간의 병목 정도를 나타내기 때문이다. 따라서 프로세스 모델을 먼저 도출하였으며, 휴리스틱 마이닝의 장점을 반영한 프로세스 모델을 활용하기 위해서 'Heuristic Miner'를 사용하였다. 휴리스틱 마이닝 기법은 이벤트 로그 내의 각 업무 별 빈도, 업무

간의 직접 및 간접 의존도, 의존도의 국지성 등을 측정하여 프로세스 모델을 도출한다. 휴리스틱 마이닝 기법은 다른 모델링 기법들 보다 로그의 노이즈와 불완전성에 적게 영향을 받고 병렬 프로세스, 반복 업무의 발견에 있어서 뛰어나다. 또한, 이벤트 로그의 주요 업무 흐름에 포커스를 맞춰서 프로세스 모델을 도출할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Weijters *et al.*, 2003; Weber *et al.*, 2013; Weijters *et al.*, 2006). <Figure 5>는 휴리스틱 마이닝을 도입하여 도출된 서비스 프로세스 모델이다.

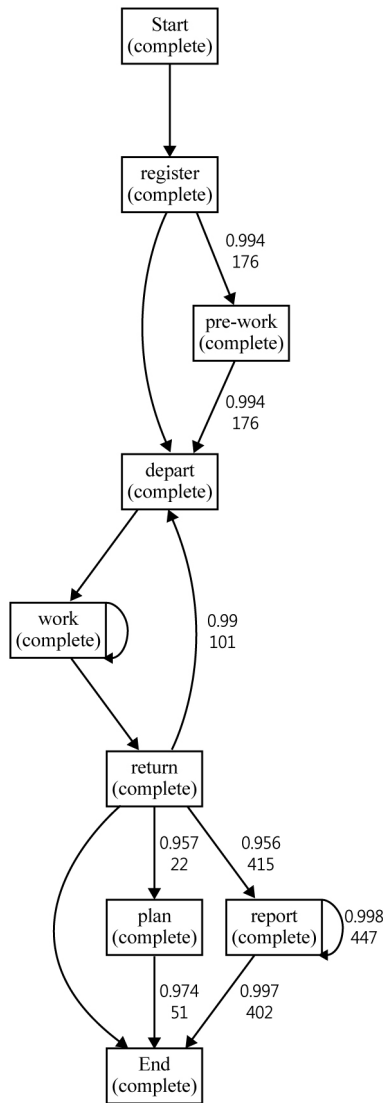


Figure 5. A process model generated by using 'Heuristic Miner'

<Figure 6>은 병목 구간 분석 결과로, 각 구간의 병목 정도는 플레이스 색깔로 표시되어 있다. 흰색은 병목 현상이 나타나지 않는 구간이며, 검정색으로 표시된 구간은 병목현상이 나타나는 구간이다. 회색으로 표시된 구간은 대기시간이 보통 정도인 구간으로 해석할 수 있다. 주요 병목 구간은 '출장복귀 → 보고결재', '보고결재 → 보고결재' 구간인 것으로 분석 되었다. 이외에, '접수 → 출장', '출장복귀 → 출장', '출장복귀 → 재발방지대책', '보고결재 → 출장' 등의 병목 구간이 발견되었다. <Table 3>은 병목 정도 구분에 따른 평균 대기시간 범위 결과를 보여준다. 결과에서 알 수 있듯이 대기시간이 긴 병목 구간은 180시간 이상의 긴 대기시간을 나타냈다.

Table 3. The range of average waiting time

Waiting time	Short(white)	Medium(grey)	Long(black)
Range(H)	0.0~4.7	10.4~156.8	181.4~187.7

4.4.3 기본 성과 분석

연구 질문 2번 ~ 4번은 각 업무의 대기시간과 수행시간과 프로세스 통과시간 측정을 통해 답할 수 있다. 따라서 기본 성과 분석을 수행하였으며, 'Basic Performance Analysis'가 활용되었다. 먼저, 전체 이벤트 로그를 대상으로 업무 별 평균 수행시간과 평균 대기시간을 측정 및 분석하였다. 이를 통해서 고객 요청에 대응하는 시간과, 문제점 해결하는 시간에 대한 분석이 가능하다. 각 업무 별로 업무 시작시간과 종료시간의 차이를 업무 수행시간으로 정의하며, 선행 업무의 종료시간과 후행 업무의 시작시간의 차이를 후행업무의 대기시간으로 정의한다.

<Figure 7>은 업무 별 평균 수행시간과 평균 대기시간 분석 결과이다. 파란색 히스토그램은 평균 수행시간을, 빨간색 그래프는 평균 대기시간을 의미한다. 고객 요청에 대응하는 시간은 출장 업무의 대기시간으로 평균은 약 155시간, 표준편차 약 1,500시간으로 나타났다. 문제점 해결하는 시간은 현장작업의 수행시간으로 측정이 가능하며, 평균 약 9시간, 표준편차 약 2,700시간으로 나타났다. 현장작업 업무의 수행시간이 평균적으로 가장 길게 나타났으며, 재발방지대책 업무의 대기시간이 평균적으로 가장 긴 것으로 나타났다. 접수, 출장전처리, 보고결재, 재발방지대책 업무는 업무 종료 시간 기록 없어서 수행시간을 측정할 수 없었다. 이는, 해당 네 가지 업무의 수행시간이 중요하지 않아서 A사에서 업무 시작 시간만 기록하기 때문인 것으로 나타났다.

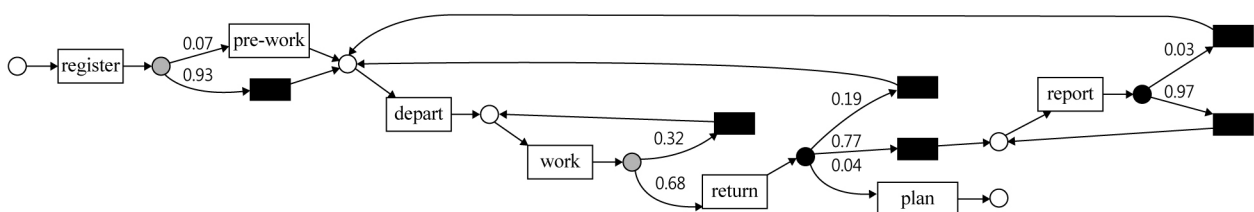


Figure 6. The result of bottleneck analysis



Figure 7. The results of activity performance analysis

프로세스 통과시간은 한 고객의 케이스가 시작되어 종료될 때까지의 시간을 의미하며, 프로세스 수행시간과 프로세스 대기시간의 합이다. 프로세스 수행시간은 케이스에 포함되는 업무들의 수행시간의 합이고, 프로세스 대기시간은 케이스에 포함되는 업무들의 대기시간의 합이다. <Table 4>은 프로세스 통과시간을 측정된 결과로, 이벤트 로그의 프로세스 통과시간은 평균 2주, 그 중 평균 프로세스 수행시간은 약 1일, 평균 프로세스 대기시간은 약 13일로 나타났다.

4.4.4 패턴분석

고객 서비스 업무 프로세스의 표준화 정도를 분석하기 위하여 ‘Performance Sequence Diagram Analysis’와 ‘Advanced Dotted Chart Analysis’를 사용하여 패턴분석을 수행하였다. 이를 통해, 이벤트 로그에서 나타나는 여러 가지 패턴과 각 패턴이 나타나는 빈도를 도출할 수 있으며, 그 중 출현 빈도가 높은 주요 패턴을 도출하여 프로세스 표준화 정도를 측정할 수 있다. A사의 고객 서비스 업무 이벤트 로그에서는 총 54개의 패턴이 나타났으며, <Figure 8>은 그 중에서 출현 빈도가 높은 패턴 10개의 업무 흐름을 보여준다. 그리고 10개 주요 패턴의 출현 빈도는 <Table 5>에 정리하였다. 주요 패턴은 P1, P2, P3로, 이 세 가지 패턴은 비슷한 양상을 보여주고 있으며 전체 케이스의 약 37%를 차지한다.

P3, P5, P8과 이외의 다른 패턴에서 현장작업이 여러 차례 반복되어 수행되는 것이 관찰되었다. 이러한 문제점에 대해서 상세하게 분석하기 위해 ‘Advanced Dotted Chart Analysis’를 활용

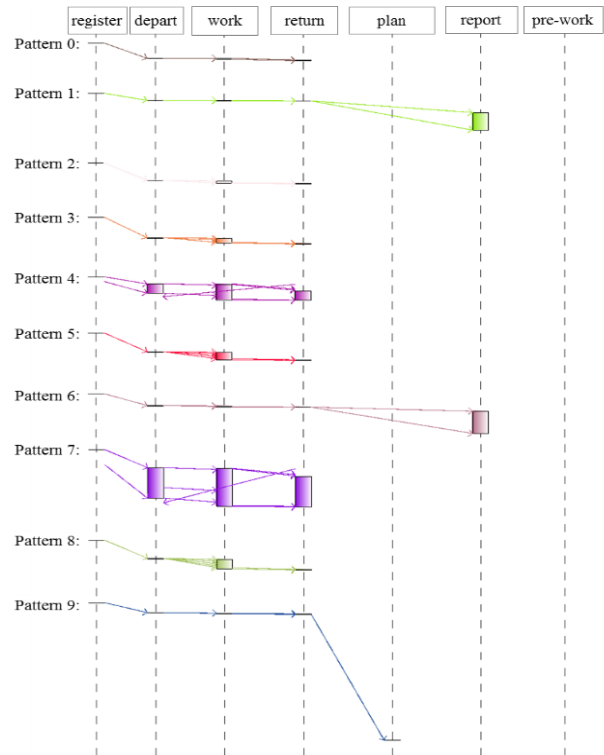


Figure 8. The results of performance sequence diagram analysis

하여 업무 수행 분포를 보여주는 Chart를 <Figure 9>과 같이 도출하였다. 현장작업이 반복되어 수행되는 케이스의 경우에는 프로세스 통과시간이 오래 걸리는 것으로 나타났으므로, 프로세스 통과시간이 긴 10%의 로그를 사용하여 Dotted Chart를 도출하였다. 각 케이스의 프로세스 통과시간을 기준으로 분석하기 위해서 상대적 시간을 사용하였으며, 종료 시간에 따라서 sorting하였다. <Figure 9>의 가로축은 7일 단위로 시간을 표시하고 있으며, 세로축은 각각 케이스를 의미한다. 프로세스 통과시간이 긴 케이스 중에는, 현장작업이 여러 차례 나타나는 케이스뿐만 아니라, 한번의 현장작업이 길게 수행되는 케이스들이 확인되었다. 이러한 현상의 원인 분석을 위해 관리자에게 문의한 결과, 이는 업무 담당자의 업무처리 성향에 따른 것이 확인되었다. 여러 일자에 걸쳐서 수행되는 현장작업의 경우, 일별로 업무처리를 기록하는 업무 담당자가 있는가 하면, 일괄적으로 업무처리를 기록하는 업무 담당자가 있기 때문이다.

Table 4. The results of case performance analysis

Process Throughput time(days) (working time+waiting time)		Process working time(days)		Process waiting time(days)	
Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
13.7	16.8	1.0	2.5	12.7	16.5

Table 5. The results of pattern analysis

Pattern ID	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Appearance Frequency	564	284	140	61	58	30	27	22	19	13

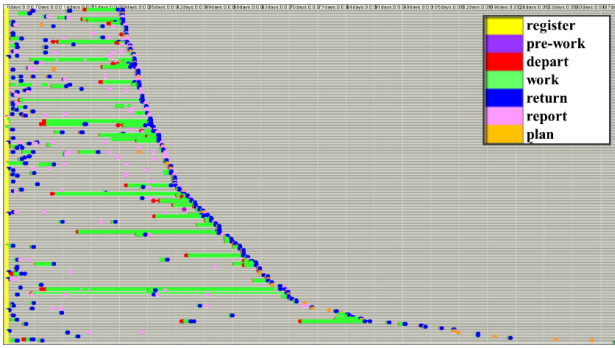


Figure 9. The result of dotted chart analysis

4.5 Step 4 : 분석 결과 해석 및 논의

Step 3에서는 프로세스 마이닝을 사용한 고객 서비스 성과 분석 과정과 결과를 나열하였다. 특히 성과를 측정하기 위하여 세 가지 분석 기법이 사용되었다. 본 장에서는 각 성과 측정 결과를 첫 Step에서 도출한 연구 질문 관점에서 해석한다.

첫 번째 연구 질문은 ‘어떠한 구간에서 오래 걸리는 가’이며, 답을 위해 병목 구간 분석을 수행하였다. 분석 결과, ‘출장 복귀 → 보고결제’, ‘보고결제 → 보고결제’와 같이 2개의 병목 구간이 있는 것으로 나타났다. 2개 지점 모두 보고결제 업무 이전에 병목 현상이 발생한다는 것이 공통점이다. 이는 고객 관점에서 주목할만한 결과는 아니지만, 기업 관점에서는 고객 서비스 부서 내부 프로세스의 문제점을 의미하는 것으로 개선이 필요하다. 보고결제 업무의 대기시간은 150시간, 약 6.2일이 걸린다. 확인 결과, 보고결제 업무는 어떤 특정 일에 맞춰서 한꺼번에 수행되는 경우가 많았다. 이로 인해 많은 보고결제 업무들이 지체되고 있었다. 외부적으로 고객 서비스 프로세스 종료까지의 시간을 단축하고 내부적으로는 업무 효율을 높이기 위해서 관리자들은 보고결제 업무가 바로 수행될 수 있도록 업무 체계를 개선시켜야 한다. 또한, ‘접수 → 출장’, ‘출장 복귀 → 출장’, ‘출장복귀 → 재발방지대책’, ‘보고결제 → 출장’ 등 중간 정도의 병목 구간이 발견되었는데, ‘출장복귀 → 재발방지대책’ 구간을 제외하고는 고객에게 제공하는 서비스의 대기시간과 관련이 있는 구간이다. 고객 만족도 향상을 위해서는 관련 인력의 효율적인 배치와 업무 이관 구조의 개선을 통한 대기시간의 감소가 필요하다.

두 번째 연구 질문은 ‘얼마나 빠르게 고객 요청에 대응하는 가’로, 고객 요청 대응 시간을 측정하였다. 고객 요청에 대응하는 시간은 출장 업무의 대기시간으로 평균은 약 155시간, 약 6.5일로서 출장 전 대기시간이 긴 것을 알 수 있다. 확인 결과, 이는 A사의 고객 서비스 환경 특징에 기인한 것이었다. 우선, A사의 고객 서비스는 부품 준비 및 수리 전략을 세우는데 오랜 시간이 걸린다. 다양한 설비를 다루기 때문에 각 설비마다 준비에 필요한 전략이 다르고 고객의 상황에 따라 필요한 부품이 다르기 때문이다. 또한 A사의 고객 서비스 제공을 위해서는 고객 현장의 전기가 차단되어야 한다는 점이 긴 출장 대

기시간의 원인인 것으로 파악되었다. 현실적으로 회사가 시설의 전기를 차단하기란 쉽지 않다. 이러한 점을 고려했을 때, A사에서의 고객 대응 전체 통과시간 자체는 타업종과 다른 의미를 갖는다고 볼 수 있다. 고객 서비스의 질적 향상을 위해서 업무 수행의 효율성을 높이고 업무 수행과정을 표준화 하는 등 출장 업무의 대기시간 감소를 위한 노력이 필요하다. 또한 고객 환경의 변동으로 인한 불확실한 일정에 대한 효율적인 업무 담당자 배치 및 관리가 필요하다. 고객 서비스가 가능한 시점에 최대한 지체 없이 업무 담당자를 할당할 수 있도록, 유동적인 인력 관리 체계를 갖추어야 한다.

세 번째 연구 질문은 ‘얼마나 빠르게 서비스를 제공하는가’이며, 서비스 제공에 걸리는 시간은 현장작업 업무의 수행시간으로 해석이 가능하다. 분석 결과, 현장작업 업무의 수행시간은 평균 약 9시간으로서 서비스 제공에 적지 않은 시간이 필요한 것을 알 수 있다. 또한 최대 1502시간, 약 2달여 시간이 걸리는 현장작업 업무도 나타났다. 확인 결과, 이는 A사의 고객 서비스 특징이 반영된 것으로, 업무 자체가 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 문제점 해결 후 작동 상태도 점검해야 하기 때문에 평균 약 9시간이 걸릴 수밖에 없다는 결론이 나왔다. 이 보다는 현장작업 업무의 대기시간이 평균 6.5시간이 걸리는 것에 주목할 필요가 있다. 이는 업무 담당자가 현장에 도착해서 서비스를 바로 제공하지 않고 평균 6.5시간을 대기한다는 것을 의미한다. 업무 담당자가 최대한 신속하게 서비스를 시작하기 위해서는 출장전처리 업무를 정확하게 수행하여 사전에 필요한 사항들이 준비되도록 해야 한다. 이를 위해 관리자들은 업무 담당자들에게 정확하고 효율적인 출장전처리 업무 수행 교육을 제공해야 한다. 또한 고객의 요청사항과 고객 관련 정보를 업무 담당자가 충분히 숙지하고 서비스를 제공하도록 주문해야 한다.

네 번째 연구 질문은 ‘프로세스 완료에 걸리는 기간은’이며, 이는 프로세스 통과시간으로 설명할 수 있다. 분석 결과, 프로세스 통과시간은 평균 약 328시간, 약 14일이 걸리는 것으로 나타났다. 이는 한 케이스가 완료되는데 약 14일이 걸리는 것을 의미한다. 그런데, 프로세스 내에 대기하는 평균 시간이 약 13일이 걸리기 때문에 프로세스 통과시간에서 대기시간이 대부분을 차지하는 것을 알 수 있다. 즉, 전반적으로 각 업무들의 대기시간이 수행시간보다 상대적으로 많이 긴 것으로 나타났다. 출장 업무의 경우에는 대기시간이 고객 환경에 의존하기 때문에 긴 것으로 분석되었지만, 그 외의 현장작업, 보고결제, 그리고 재발방지대책 업무의 대기시간이 긴 것은 분명 불필요한 요소이다. 현장작업 업무의 경우, 보고결제와 재발방지대책 업무의 대기시간보다는 짧지만, 이벤트 로그에서 출현 빈도가 가장 높기 때문에 우선적으로 현장작업 업무의 대기시간을 줄여야 한다. 이는 앞에서 언급하였듯이 출장전처리 업무에 의해 현장작업 업무의 대기시간을 줄일 수 있도록 개선되어야 한다. 보고결제와 재발방지대책 업무의 경우에는 출현 빈도가 낮지만, 이 업무들은 주로 프로세스의 종료 업무로 발생

하기 때문에 고객 서비스 부서의 내부 업무 효율성 향상을 위해서 대기시간 감소가 필요하다. 이 두 업무는 관리자가 업무 체계를 재확립함으로써 개선시켜야 한다.

마지막 연구 질문은 ‘얼마나 프로세스가 표준화되어 있는가’이며, 프로세스의 표준화 정도를 패턴분석을 통해 측정하였다. 그 결과 총 64개의 패턴이 존재하는 것으로 나타났으며, 그 중 3개의 패턴이 주요 패턴인 것으로 나타났다. 비록 <Figure 5>에 나타난 것처럼 프로세스 모델이 단순하지만, 프로세스 패턴의 종류는 다양하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 패턴 종류의 다양성의 주된 원인은 ‘현장작업 → 현장작업’, ‘보고결제 → 보고결제’와 같이 업무의 반복 때문이다. 또한 ‘출장복귀 → 출장’이 반복되는 경우도 많이 나타났다. 이러한 업무 반복의 발생 이유는 크게 업무 환경에 따른 원인과 업무 담당자의 성향에 따른 원인으로 구분될 수 있다. 먼저 환경에 따른 업무 반복은 고객의 환경, 부품 수급 문제 등과 같은 환경에 의해서 업무를 반복할 수 밖에 없는 경우들이 포함된다. 반면, 업무 담당자의 성향에 따른 업무 반복은 단순히 업무 담당자의 행동 패턴에 의존하는 경우를 말한다. 어떤 업무 담당자들은 일별로 현장작업 이벤트를 기록하지만, 다른 업무 담당자들은 그렇지 않다. 예를 들어, 일주일 간 현장작업의 경우, 어떤 업무 담당자들은 7개의 현장작업 이벤트를 기록하지만, 다른 업무 담당자들은 1개의 현장작업 이벤트로 기록한다. 고객 서비스 부서에 확인한 결과, 일별 기록이 정상적인 패턴인 것으로 나타났다. 관리자들은 업무 정형화를 통해 패턴의 수를 줄이는 노력을 해야 하며, 표준화된 업무 패턴의 메뉴얼을 만들어 업무 담당자들을 교육해야 한다.

5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 국내 기업 고객 서비스 프로세스의 이벤트 로그에 프로세스 마이닝을 적용하여 성과를 측정하는 프레임워크와 사례연구를 제시하였다. 먼저 고객 서비스 프로세스 분석을 위해 4개의 Step으로 구성된 프레임워크를 제시하였으며, 요약하면 다음과 같다. 가장 먼저 고객 서비스 프로세스 관련 실무자들로부터 분석관련 질문을 수렴하여 연구 질문을 정의하고 연구 질문에 대한 답을 내릴 수 있는 분석 기법을 선정한다. 그리고 선정된 분석 기법을 적용하여 이벤트 로그를 분석하고 결과를 도출하여, 마지막 Step에서 분석 결과를 해석하고, 해석 내용을 분석 대상 프로세스 관련 실무자들과 논의하여 프로세스 개선 방안을 마련한다.

사례연구에서는 A사의 전기 설비 부서 고객 서비스 프로세스의 이벤트 로그를 분석하였다. 프로세스 마이닝 기법 중 병목 구간 분석, 기본 성과 분석, 패턴분석이 분석 기법으로 선정되어 적용되었다. 분석 결과, 문제점이 발견되었으며, 고객 서비스가 업무 체계 개선 및 업무 패턴 정형화가 필요한 상황에 놓여있음을 알 수 있었다. 이와 같이 본 사례연구는 프로세스

마이닝을 사용한 성과 분석이 문제점과 상황을 객관적이고 전체적으로 측정할 수 있다는 것을 보여 주었다. 실제로 본 연구는 해당 부서의 관리자들에게 인지하지 못했던 업무 현황과 문제점들을 객관적으로 보여주었으며, 향후 개선 방안 수립에 대한 가이드 역할을 수행하였다. 또한 분석 결과들은 프로세스 마이닝 분석가가 관리자들과 문제점을 찾기 위해 논의하기 위한 의사소통 수단이 되기도 했다.

본 연구는 고객 서비스에 대한 성과 분석 방법론 연구에 크게 기여할 것으로 기대되며, 다른 업종에 대한 비교 분석 대상으로서 좋은 선례가 될 것으로 기대된다. 또한 사례 연구 결과와 개선안 제안을 통해서 프로세스 마이닝의 서비스 프로세스 분석 가능성을 확인 할 수 있었다. 향후 연구로는 관리자들이 관심을 가지고 있는 문제 중 하나인, 리소스 관점에서 업무 담당자 또는 부서별의 업무 현황 및 통과시간에 대한 분석이 가능하다. 또한, 다른 기업의 실제 로그를 활용한 추가적인 사례 연구를 통해 프레임워크에 대한 검증이 더 필요하다. 그리고 다양한 성과 측정 방법 개발과, 다양한 분야에서의 프로세스 마이닝을 활용한 성과 분석 방법론의 정립을 위한 연구가 필요하다. 마지막으로, 프로세스 마이닝 결과를 기반으로 한 실제 개선 방안 적용 결과에 대한 분석이 필요하다. 즉, 기존의 이벤트 로그 분석 결과와 실제 방안 적용 후에 발생하는 이벤트 로그 분석 결과를 비교하고, 프로세스 마이닝 적용의 효과 측정이 가능하다.

참고문헌

- Bose, R. J. C. and van der Aalst, W. M. P. (2009), Context Aware Trace Clustering : Towards Improving Process Mining Results, *Proc. the SIAM International Conference on Data Mining (SDM 2009)*, 401-412.
- Bozkaya, M., Gabriels, J. M. A. M., and van der Werf, J. M. E. M. (2009), Process Diagnostics : A Method Based on Process Mining, *Proc. International Conference on Information, Process, and Knowledge Management (eKNOW '09)*, 22-27, IEEE.
- Choi, I., Song, M., Kim, K., and Lee, Y. (2007), Analysis of social relations among organizational units derived from process models and redesign of organization structure, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 33(1), 11-25.
- Datta, A. (1998), Automating the discovery of As-Is business process models : probabilistic and algorithmic approaches, *Information Systems Research*, 9(3), 275-301.
- Dougherty, D. and Murthy, A. (2009), What Service Customers Really Want, *Harvard Business Review*, 87(9), 22-23.
- Gable, G. G., Sedera, D., and Chan, T. (2008), Re-conceptualizing information system success : the IS-impact measurement model, *Journal of the Association for Information Systems*, 9(7), 377-408.
- Günther, C. W. and van der Aalst, W. M. P. (2007), Fuzzy mining- adaptive process simplification based on multi-perspective metrics, *Proc. the 5th International Conference on Business Process Management (BPM 2007)*, volume 4714 of *Lecture Notes in Computer Science*, 328-343, Springer Berlin Heidelberg.

- IEEE Task Force on Process Mining (2011), Process Mining Manifesto, *Proc. Business Process Management Workshops (BPM 2011)*, volume 9 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, 169-194, Springer Berlin Heidelberg.
- Jans, M., van der Werf, J. E. M., Lybaert, N., and Vanhoof, K. (2011), A business process mining application for internal transaction fraud mitigation, *Expert Systems with Applications*, **38**(10), 13351-13359.
- Kim, E., Kim, S., Song, M., Kim, S., Yoo, D., Hwang, H., and Yoo, S. (2013), Discovery of Outpatient Care Process of a Tertiary University Hospital Using Process Mining, *Healthcare Informatics Research*, **19**(1), 42-49.
- Lee, D. and Bae, H. (2013). Analysis framework using process mining for block movement process in shipyards, *ICIC Express Letters*, **7**(6), 1913-1917.
- Lee, Y., Kim, S., and Song, M. (2012), ECM (Enterprise Content Management) System Analysis Using Process Mining, *the 2012 Fall Conference on Korea Business Intelligence Data Mining Society*, Busan, Korea, November 30-December 1, 2012.
- Mans, R. S., Schonenberg, M. H., Song, M., van der Aalst, W. M. P., and Bakker, P. J. M. (2008), Process mining in healthcare-a case study, *Proc. international conference on health informatics (HEALTHINF '08)*, 118-125, INSTICC Press.
- Maruster, L. and Beest, N. R. T. P. (2009), Redesigning business processes: A methodology based on simulation and process mining techniques, *Knowledge Information Systems*, **21**, 267-297.
- Molka, T., Gilani, W., and Zeng, X.-J. (2012), Dotted Chart and Control-Flow Analysis for a Loan Application Process, *Proc. Business Process Management Workshops (BPM 2012)*, Volume 132 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, 223-224, Springer Berlin Heidelberg.
- Pavlou, P. A. and El Sawy, O. A. (2010), The 'Third Hand' : IT-Enabled Competitive Advantage in Turbulence through Improvisational Capabilities, *Information Systems Research*, **21**(3), 443-471.
- Ray, G., Muhanna, W. A., and Barney, J. B. (2005), Information Technology and the Performance of the Customer Service Process : A Resource-Based Analysis, *MIS Quarterly*, **29**(4), 625-652.
- Rozinat, A., Mans, R. S., Song, M., and van der Aalst, W. M. P. (2009), Discovering simulation models, *Information Systems*, **34**(3), 305-327.
- Rozinat, A. and van der Aalst, W. M. P. (2008), Conformance checking of processes based on monitoring real behavior, *Information Systems*, **33**(1), 64-95.
- Son, S., Yahya, B. N., Song, M., Choi, S., Hyeon, J., Lee, B., Jang, Y., and Sung, N. (2014), Process Mining for Manufacturing Process Analysis : A Case Study, *Asia Pacific Business Process Management Conference (APBPM2014)*, Brisbane, Australia, July 2014.
- Song, M., Yang, H., Siadat, S. H., and Pechenizkiy, M. (2013), A comparative study of dimensionality reduction techniques to enhance trace clustering performances, *Expert Systems with Applications*, **40**(9), 3722-3737.
- Song, M., Günther, C. W., and van der Aalst, W. M. P. (2009), Trace Clustering in Process Mining, *Proc. Business Process Management Workshops (BPM 2008)*, Volume 17 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, 109-120, Springer Berlin Heidelberg.
- Tsai, C.-Y., Jen, H., and Chen, I.-C. (2010), Time-interval process model discovery and validation-a genetic process mining approach, *Applied Intelligence*, **33**(1), 54-66.
- van der Aalst, W. M. P., Schonenberg, M. H., and Song, M. (2011), Time prediction based on process mining, *Information Systems*, **36**(2), 450-475.
- van der Aalst, W. M. P., Rubin, V., van Dongen, B. F., Kindler, E., and Günther, C. W. (2010), Process mining : a two-step approach to balance between underfitting and overfitting, *Software and Systems Modeling*, **9**(1), 87-111.
- van der Aalst, W. M. P., Reijers, H. A., Weijters, A. J. M. M., van Dongen, B. F., de Medeiros, A. K. A., and Song, M. (2007), Business process mining : an industrial application, *Information Systems*, **32**(5), 713-732.
- van der Aalst, W. M. P., Weijters, A. J. M. M., and Maruster, L. (2004), Workflow mining : Discovering process models from event logs, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, **16**(9), 1128-1142.
- Wang, Y., Caron, F., Vanthienen, J., Huang, L., and Guo, Y. (2014), Acquiring logistics process intelligence : Methodology and an application for a Chinese bulk port, *Expert Systems with Applications*, **41**(1), 195-209.
- Weber, P., Bordbar, B., and Tino, P. (2013), A principled approach to mining from noisy logs using Heuristics Miner, *Proc.2013 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM)*, 119-126, IEEE.
- Weijters, A. J. M. M., van der Aalst, W. M. P., and de Medeiros, A. K. A. (2006), Process Mining with the Heuristics Miner Algorithm, *BETA Working Paper Series*, WP, **166**, 1-34, Eindhoven University of Technology.
- Weijters, A. J. M. M. and van der Aalst, W. M. P. (2003), Rediscovering workflow models from event-based data using little thumb, *Integrated Computer-Aided Engineering (ICAE)*, **10**(2), 151-162.
- Yahya, B. N., Park, J. H., Bae, H. R., and Mo, J. K. (2011), Similarity Measurement Using Ontology in Vessel Clearance Process, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **37**(2), 153-162.