신뢰성응용연구 신뢰성기술
제8권, 제3호. pp.113-124, 2008

효과적인 FRACAS 운용을 위한프로세스 지식의 생성과 활용

이재훈 · 유기훈 · 김기영 · 설동진 · 장중순

아주대학교 산업정보시스템공학부

Creation and Use of Process oriented Knowledge for Effective FRACAS

Jae-Hoon Lee · Ki-Hoon Yoo · Ki-Young Kim · Dong-Jin Seol · Joong-Soon Jang

Department of Industrial Information and System Engineering, Ajou University

Abstract

In reliability engineering, failure reporting, analysis, and corrective action system (FRACAS) is an useful tool for effective failure reporting and related operations. FRACAS is generally mainly focused on implementation of its closed-loop process, but also includes various related information which has to be effectively managed such as failure types, failure modes, failure mechanisms, and corrective actions. In this study, we adopt and utilize the concept of process knowledge, and create it through abstraction of FRACAS information. At each step of closed-loop process, the necessary type of knowledge, priority and usability are clearly defined. This study also suggests corresponding management tools such as business process management system, knowledge management system, and their key elements and functions to deal with process knowledge. A prototype system using simple closed-loop process with its process knowledge is presented to demonstrate the feasibility of the proposed work.

Keyword : FRACAS, BPMS, KM, reliability, failure reporting, knowledge

1. 서 론

많은 제조 기업에서 제품의 품질 향상 및 경쟁력 강화의 중요한 요소로서, 신뢰성 향상에 대한 필요성이 나날이 증대되고 있다. 신뢰성이란 아이템이 규정된 조건에서 주어진 기간 동안에 요구기능을 수행할 수 있는 가능성이라고 정의하며 [1], 신뢰성 확보를 위해 개발 또는 사용 환경에서 제품의 고장 데이터를 수집하고 분석하는 것은 매우 중요한 활동이다.

보다 신뢰성 높은 제품을 유지하기 위해서는 제품의 설계에서부터 단종에 이르기까지 전 단계에서 발생하는 관련 정보를 수집하고 관리해야 한다. 이를 위해 FRACAS (Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System)가 시스템, 제품 또는 서비스의 결함을 규명하고 시정조치하며, 나아가 이러한 결함들의 발생을 사전에 예방하기 위한 관리 도구로서 사용되고 있다 [15]. FRACAS의 제반 기능을 수행하기 위해 수행되어야 하는 절차를 FRACAS 프로세스라고 하며 제품의 결함 및 고장을 추적하고 규명하기 위한 Closed-loop 분석 및 시정조치 프로세스라고도 알려져 있다 [8].

일반적인 Closed-loop 프로세스는 고장 관측에서 시정조치의 적용까지 14단계로 구성되어 있다 [15]. 이 프로세스의 효과적인 수행을 위해서는 고장 보고를 위한 문서의 작성 및 저장, 고장 분석, 데이터 관리 등의 기능이 요구되며, 고장 보고 및 분석의 업무를 명확하게 정의하여야 한다. Erik et al. (2004)은 성공적인 FRACAS 구현을 위해 관련된 담당자들과의 인터뷰를 통해 정확한 업무 프로세스를 정의하고 구현해야 할 필요성을 제시하였다 [8].

또한 FRACAS는 다양한 고장 유형 및 분석 방법들을 관리하기 위해 대상 제품이나 고장 유형 및 신뢰성 정보에 따라 동적으로 구성할 필요가 있다. 동적인 구성은 두 가지로 구분할 수 있는데 첫째로 다양한 FRACAS 요소들이 통합된 프로세스 상에서 쉽게 설계될 수 있어야 하며, 둘째로 FRACAS 변경 사항들을 프로세스 모델에 적시에 반영할 수 있어야 한다. Lee et al. (2008)은 워크플로우를 기반으로 Closed-loop 프로세스를 개발하는 방법론을 제시하였는데, FRACAS의 전반적인 관리와 통합을 지원하는 도구와 환경으로서 업무 프로세스 관리 시스템 (Business Process Management System, 이하 BPMS)을 활용하였다 [2]. 여기서 BPMS는 일반적으로 다양한 요소들을 통합하여 설계하고 개발하는 기반 프레임워크로서 사용되었다.

워크플로우 기반의 개발 방법론은 FRACAS가 지니는 프로세스적인 성격에 중점을 두고 관련요소들을 통합함으로서 효과적인 시스템의 구현에 기여하였다. 그러나 FRACAS의 유용성은 프로세스뿐 아니라 그 안에 포함된 데이터의 질에 따라서도 많은 부분이 좌우된다고 할 수 있으며 (Kim et al. 2005), 따라서 프로세스 중심의 연구에서는 다음과 같은 한계점을 나타내었다. 첫째로 프로세스 수행에 필요한 관련 정보와 지식이 체계적이지 못하고, 둘째로 과거에 수행된 내역을 참조하기 위한 효과적인 지원도구가 없고, 셋째로 신기술, 신제품에 대한 추가적인 정보 및 지식 확보가 어려웠다.

이를 해결하기 위해서는 프로세스와 지식을 정의하고 관리하는 방법론과 도구가 필요하다고

할 수 있으며, 따라서 본 연구에서는 FRACAS에서의 신뢰성 정보와 프로세스를 관리하기 위해 프로세스 지식의 개념을 도입하였다.

프로세스 기반의 지식에 대해서는 다음과 같은 연구들이 시도되었다. 프로세스 중심의 지식을 관리 기법에 대한 연구들이 Delphi group (2000), Remus (2000)등에 의해 이루어졌으며 [7][17], MIT에서는 프로세스 정보의 활용 방법론인 프로세스 핸드북 프로젝트를 수행하였다. Berztiss (2000), Lai (2002), List (2001), Jung et al.(2005)은 프로세스와 지식의 통합에 대해 연구하였다 [3][6][11][14].

이러한 기존 연구에서 정의한 프로세스 기반의 지식이란 일반적으로 프로세스의 생명주기에서 활용되는 관련된 모든 지식을 의미하며 [3], 지식의 성격 및 생성 단계에 따라 프로세스 모델 지식, 프로세스 인스턴스 지식, 프로세스 관련 지식으로 분류할 수 있다. 프로세스 지식을 이렇게 분류함으로서 해당 지식이 필요한 곳과 사용하는 방식, 지식을 제공하기 위한 도구를 명확히 할 수 있다. 본 연구에서는 이 기준에 따라 FRACAS에서 필요한 정보들을 해당 지식으로 변환하고 정제하였으며, 이 과정을 지원하는 기능들을 정의하였다. 마지막으로 지식 활용 프로세스와 도구들을 통합하기 위한 BPMS 아키텍처를 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 방법으로 다음과 같은 개선효과가 기대된다. 첫째로 고장 보고, 분석, 교정 업무의 필요한 정보 및 지식을 체계적으로 관리하는 방법을 제시하였다. 둘째로, 프로세스와 지식의 설계, 구현, 실행, 분석, 유지보수 및 개선을 위한 통합 프레임워크를 구현하였다. 셋째로, 이를 바탕으로 지식 기반의 업무 수행과 개선을 지원하는 환경을 제시하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 Closed-loop 프로세스의 구성요소들을 정의하고 3절에서는 프로세스 지식을 적용한 FRACAS의 모습과 필요한 도구들을 정의하였다. 4절에서는 프로세스 지식이 생성되고 활용되는 프로세스와 아키텍처를 설명하였다. 5절에서는 결론과 향후 연구방향을 제시하였다.

2. FRACAS의 개요와 프로세스 지식 적용 방법론

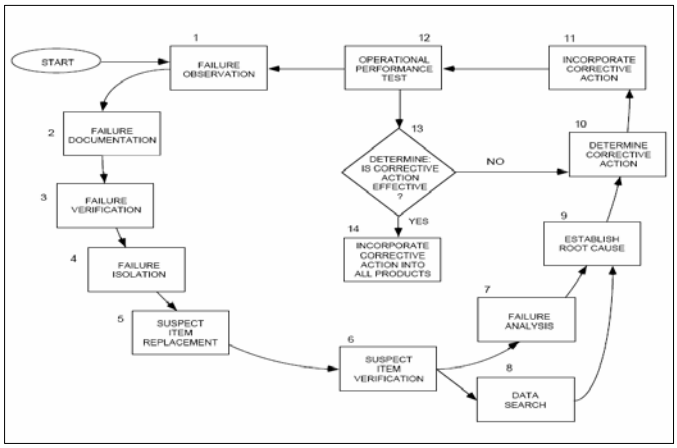
2.1 FRACAS의 개요

FRACAS 프로세스는 각종 시스템 (하드웨어 / 소프트웨어)의 개발 단계에서부터, 테스트 및 운영시에 발생하는 고장 데이터를 수집하고 분석한 후 해당 업무 관련 기술자 및 고객에게 보고하여 조치를 취하는 단계까지 포함한다. 이를 통해 제품, 시스템, 서비스를 지속적으로 감시하는 자동 피드백 시스템이라고 할 수 있다. MIL - HDBK - 338B [15]는 표준 FRACAS 프로세스를 그림 1처럼 Closed-loop 형태를 띤 14단계의 프로세스로 정의하였다.

FRACAS의 핵심 기능은 고장의 대상, 고장의 과정, 고장의 원인, 고장 원인의 제거 및 예방책을 관련 엔지니어에게 제공하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 FRACAS는 다음과 같은 기본적인 기능을 제공한다.

· 고장 및 사고의 기록
· 고장 분석(Root cause의 규명)
· 고장에 대한 시정 조치
· 향후 참조를 위한 처리 내역 저장 및 보존

FRACAS 프로세스는 지속적인 대상 제품의 감시와 분석을 통한 신뢰성 향상을 목적으로 한다. 즉 프로세스의 수행담당자는 업무의 반복 수행을 통해 업무의 개선을 도모할 수 있으며, 따라서 Closed-loop 형태의 프로세스 구조를 띠고 있다.

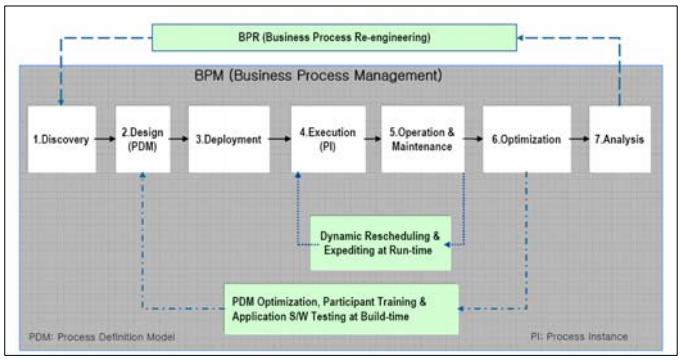


<그림 1> Closed-loop 프로세스

2.2 프로세스와 지식 관리도구

FRACAS를 수행하기 위해서는 프로세스를 정의하고 실행시킬 수 있어야 한다. 프로세스의 생애 주기를 위한 관리 도구를 제공하는 정보시스템을 프로세스 관리 시스템이라고 하며, 대표적으로 워크플로우 관리 시스템과 BPMS가 있다.

워크플로우란 컴퓨터에 의해 자동으로 실행 및 관리되는 업무 프로세스를 말하며, 워크플로우 관리시스템은 워크플로우를 정의하고 그에 따라 프로세스를 실행, 관리하는 소프트웨어 시스템이다 [10]. 워크플로우 관리 시스템은 다양한 애플리케이션 시스템을 연동할 수 있으며 필요한 정보를 체계적으로 생성 관리하는 기능을 담당한다 [18]. BPMS는 워크플로우 관리시스템의 개념에서 한 단계 더 발전하여 조직의 프로세스 분석 및 개선을 목적으로 활동 모니터링, 업무 규칙 엔진, 대시보드 등이 확장된 시스템이다 [12].



<그림 2> 업무 프로세스 관리의 생애주기

BPM에서 프로세스를 관리하기 위한 기능과 형태는 그림 2에서처럼 discovery, design, deployment, execution, operation, optimization, analysis의 7단계로 구분되며[9], 이것을 업무 프로세스 관리의 생애 주기라고 한다.

BPM의 업무 프로세스 모델은 프로세스를 이루는 단위업무와 이들 간의 선후관계, 그리고 속성(단위업무 명, 처리예상시간, 담당자 등)들로 이루어진다. 프로세스 모델이 실행될 때는 정의된 단위 업무가 정확하게 수행되도록 스케줄링을 수행하며, 단위업무를 구동시키고, 각종 자원을 할당하는 기능을 통해 프로세스를 실행, 조정, 제어하는 역할을 한다 [4].

BPM에서 구현된 FRACAS 프로세스에서는 고장 분석을 위한 각 단계의 단위업무와 처리 규칙, 담당자, 보고서 양식이 명확하게 정의된다. 또한 BPMS가 제공하는 이기종 시스템 간의 상호운용성을 기반으로 다양한 고장 유형 및 고장 분석 데이터로의 접근 및 통합 방식을 지원한다. 프로세스의 실행단계에서는 관련 보고자와 분석 담당자에게 필요한 업무 지시 및 관련 정보를 전달하며, 해당 업무가 종료되면 자동으로 수행 내역을 갱신하고 저장한다.

BPM이 프로세스를 중심으로 업무를 정의하는 반면에 최근의 지식 기반 프로세스 관리 방법론에서는 지식과 프로세스를 통합 관리하기 위해 지식 관리 시스템 (Knowledge Management System, 이하 KM)을 도입하는 경우도 있다. 만약 프로세스의 비중이 높다면 KM은 프로세스에서 정의하고 있는 지식을 활용하기 위한 도구만을 제공하기도 한다.

프로세스 지식 기반으로 FRACAS를 운용하기 위해서는 먼저 대상 시스템에서 프로세스 관련 정보를 얻어야 한다. 이 정보로부터 의미를 갖는 프로세스 지식을 추출할 수 있으며 그 기준은 각각의 단위업무의 목적과 우선순위로부터 결정된다. 프로세스 지식은 다시 세 가지로 분류할 수 있는데, 본 연구에서 적용할 프로세스 지식은 프로세스 모델 지식, 프로세스 인스턴스 지식, 프로세스 관련 지식으로 구분한다.

프로세스 모델 지식이란 프로세스 설계 시점에 생성되는 모델링, 초기 분석, 시뮬레이션에 관련된 지식으로서 업무 설계자의 전문적인 노하우이기도 하다. 프로세스 인스턴스 지식이란 프로세스의 수행 시점과 결과 내역으로부터 얻을 수 있는 지식으로서 다양한 분석의 자료로서 활용가능하다. 프로세스 관련 지식은 프로세스의 수행 결과로부터 만들어지거나 활용되는 업무 관련 지식이며 외부 전문가, 자료로부터 참조되며 문서, 이미지, 분석 보고서, 통계 등 다양한 형태를 지니고 있다.

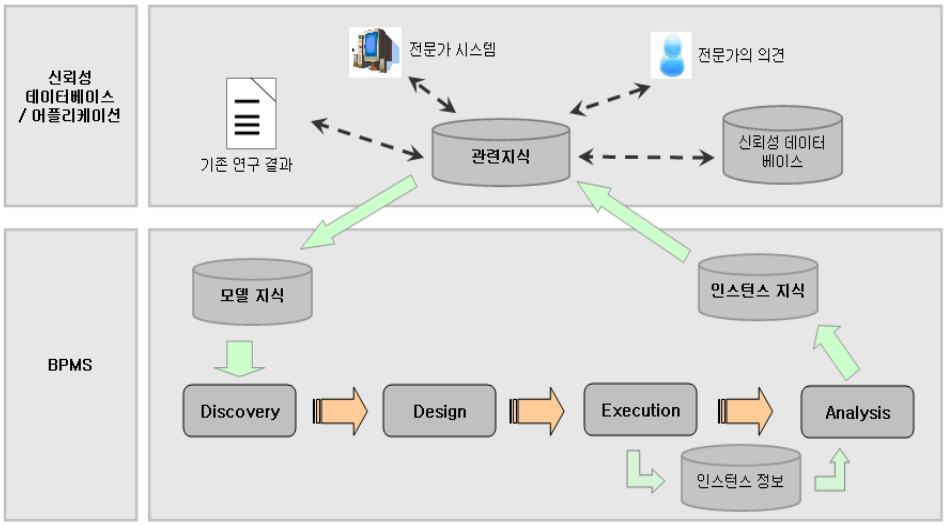
3. 프로세스 지식 기반의 FRACAS

3.1 FRACAS에서의 프로세스 지식 활용 방법

앞 장에서 FRACAS에서 프로세스 지식을 활용하기 위한 도구인 BPMS를 설명하였다. 실제로 이 두 개념을 통합하기 위해서는 프로세스를 저작하고 관리하기 위한 도구인 BPMS를 두고 프로세스 모델 지식과 프로세스 인스턴스 지식의 관리를 담당하도록 한다. 프로세스 관련 지식의 경우에는 외부에서 참조하는 지식 또는 프로세스 인스턴스 지식을 한 단계 가공 또는 추출함으로서 얻는 지식이므로 주로 FRACAS 애플리케이션 또는 KM에서 관리한다.

프로세스 지식은 프로세스의 각 단계로부터 만들어지므로 프로세스 지식이 생성되고 활용되는 흐름은 프로세스의 생애주기와 유사한 형태를 지닌다. 즉 프로세스 지식 역시 설계, 생성, 사용, 분석 및 최적화의 단계를 거치며 이 반복적인 과정을 통해 개선된다. 그림 3은 프로세스 지식 활용의 흐름을 나타낸 도식이다.

그림 3에서 BPMS는 실제 고장 관련 업무를 수행하며 프로세스 관련 정보를 생성하여 저장한다. 각 단계에서 생성된 정보는 여러 단계의 가공과 정제를 거치며 최종적으로 프로세스 모델을 개선하기 위한 지식으로 만들어진다. 프로세스의 개선된 모습은 최종적으로 프로세스 모델 지식에서 나타나게 된다.



<그림 3> 프로세스 지식 활용 흐름도

3.2 관련정보의 분류와 지식의 추출

FRACAS의 프로세스로부터 지식을 추출하기 위해서는 먼저 얻을 수 있는 관련 정보들의 종류와 형태를 파악해야 한다. 표 1에서는 이 정보들을 고장, 부품, 분석, 활동으로 크게 분류하였다. 각각의 정보의 종류로는 크게 고장의 발생 유형, 원인 및 내역, 고장 모드와 메카니즘, 관련 부품 등의 물리적인 제품에 관련된 정보와 분석 유형, 방법론, 보고서와 결과, 시정 조치 활동 등의 활동 관련 정보로 나눌 수 있다. 이 정보들의 물리적 형태를 살펴보면, 주로 데이터베이스와 문서로 구성되어 있으며, 분석 데이터와 XML 형태의 객체 모델, 수리적 모델 등이 포함되어 있다.

관련 정보로부터 앞서 정의한 세 가지 형태의 프로세스 지식을 추출하였다. 프로세스 모델 지식에서는 주로 고장 및 분석 보고서를 설계하기 위해 기존의 업무 유형들을 참조한다. 또한 업무의 형태와 흐름, 진행 규칙 등을 정의하기 위해 가이드라인 또는 전문가의 의견 등을 참조한다. 업무의 형태와 흐름은 전자화된 프로세스 모델 언어로서, 업무 규칙은 룰의 형태로, 가이드라인과 참조 사례는 웹 문서의 형태로 정의된다. 프로세스 인스턴스 단계에서는 단위 업무의 수행 시간, 각 담당자별 업무 부하, 업무 수행도 등의 정보를 바탕으로 지식을 추출한다. 인스턴스 단계에서 가장 주요하게 얻을 수 있는 지식은 유형별 대표 사례, 또는 모범 사례를 들 수 있다. 프로세스 관련 지식 단계에서는 수행 결과로부터 얻어진 정보 및 기술적인 자료, 전문가의 의견 등을 참조, 통합, 분석하며 이 단계에서의 지식의 형태는 주로 보고서, 문서, 분석자료 등이며 가장 범위가 넓고 정형화되지 않은 부분이라고 할 수 있다.

<표 1> FRACAS에서 생성되는 고장 관련 정보

정보의 종류		정보의 물리적 형태
고장	고장 유형 (증상, 원인, 시간, 장소, 출처, 작동 환경) 고장 모드 (고장의 형태) 고장 메커니즘	고장 데이터베이스 고장 이력
부품	부품의 종류 부품의 구조 (각 부품의 수준, 연관성, 중요도)	BOM 부품 관리 데이터베이스 부품별 고장 내역 정보 (통계 데이터)
분석	고장현상 검토, 검증 내역, 원인 교정 및 정비 조치 이력 분석 유형 (소요기간, 원인분류, 분석도구, 분석결과) 분석 이력	분석 레포트 (문서, 수치 데이터) 정비 내역서 (문서, 이미지) 통계 분석 데이터 고장 예측 (수리적 모델)
활동	단위 업무의 내역 (Job Description) 단위 업무의 속성 (중요도, 유사 업무, 제한 시간 등) 업무 담당자 유형 / 책임 권한 프로세스의 흐름 규칙 교정 조치의 유형 및 효과 (수리/정비 유형 및 내역)	업무 매뉴얼 업무 담당자 데이터베이스 프로세스 모델 언어(BPMN, XPDL 등) 프로세스 수행 결과

<표 2> 관련 프로세스 지식

프로세스 지식	지식의 형태	자료의 형태
프로세스 모델 지식	가이드라인	단계별 모범 사례 업무 수행 규칙 및 적용 사례 보고 및 분석 대상의 우선순위 결정 규칙 단위 업무 할당 규칙
프로세스 인스턴스 지식	수행 이력	고장 유형별 프로세스 수행 이력 부품별 프로세스 수행 이력 통계적 분석 결과
프로세스 관련 지식	문서 분석자료 전문가 의견 기술 자료	주요 고장 보고서 주요 분석 보고서 주요 수리 / 정비 보고서 경향 보고서 고장 예측 모델 고장 원인 및 요인 영향 분석 분석 소요시간 추이와 경향 고장 모드와 고장 메커니즘

3.3 지식 처리 도구

프로세스 지식을 활용하는 FRACAS는 다양한 형태의 자료를 처리하고 적시에 제공할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 이 기능들은 다음과 같이 일반적으로 BPM이 제공하는 프로세스 처리 기능과 KM이 제공하는 지식 처리 기능이 통합되어 있다.

◉ 프로세스 모델 지식

· 프로세스 모델러 : 프로세스 모델을 저작하기 위한 환경과 프로세스를 표현하는 언어를 지원한다. 프로세스 관련 지식, 도구를 연결하고 그 속성 (우선순위 등)을 설정 가능하다.

· 프로세스 모델 저장소 : Closed-loop 프로세스의 표준 및 사례별 모델들을 저장한다.

◉ 프로세스 인스턴스 지식 관련

· 프로세스 엔진 : 정의된 프로세스를 단계별로 수행하고 자원을 할당하며 결과를 저장하는 기능을 수행한다.

· 프로세스 인스턴스 저장소 : 프로세스의 물리적인 수행 내역을 저장한다.

· 프로세스 인스턴스 분석기 : 수행이 완료된 프로세스 인스턴스를 분석하고 평가한다. 결과는 전문가에게 보고되어 프로세스 모델 또는 관련 지식에 반영되거나 다음 수행 시에 사례로서 참조 가능하다.

◉ 프로세스 관련 지식

· 관련 지식 저장소 : 프로세스 관련지식인 문서, 수리적 데이터, 사례 등을 저장한다.

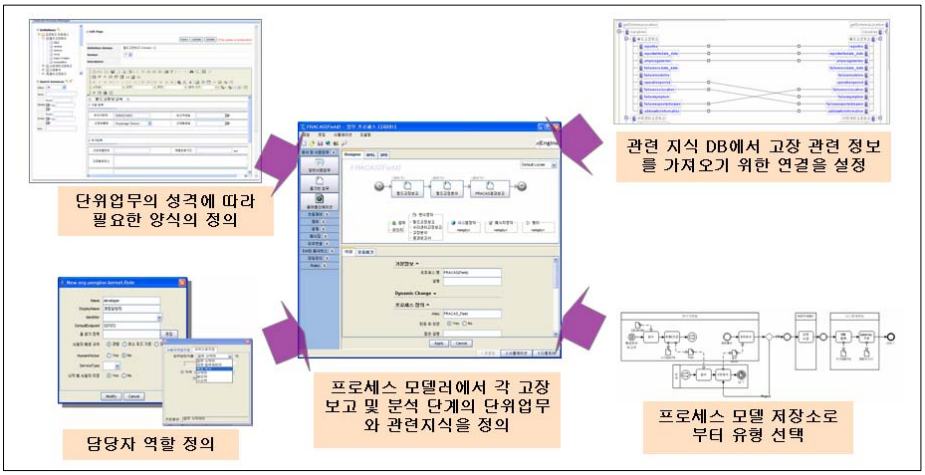
· 검색 도구 : 다양한 내부/ 외부의 검색 엔진을 통해 유사 사례, 처리 방식, 전문가의 조언 등을 참조할 수 있도록 한다.

4. 예제 프로세스 구현

4.1 프로토타입 시스템의 구성

본 연구에서는 예제 프로세스의 개발 환경으로서 JAVA 기반의 오픈소스 BPM 엔진인 uEngine® [12] 을 사용하였다.

BPMS가 프로세스를 자동으로 수행하기 위해서는 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 프로세스가 표현되어야 한다 [5]. 이렇게 정의된 모델을 프로세스 정의 모델이라고 하며 업무 프로세스를 표현하기 위한 표준화된 XML 언어 및 노테이션 등의 형태로 나타낼 수 있다. 프로세스 설계 단계에서는 프로세스 저작 도구에서 각 단계의 단위 업무들을 정의한 후 각각의 단위업무의 성격에 따라 필요한 지식의 종류와 위치를 설정한다. 온라인에서 보고서를 작성하는 경우 필요한 웹 페이지를 정의하며 데이터베이스에서 고장 정보를 가져오는 경우에는 외부 시스템 연동을 위한 연결을 정의한다.

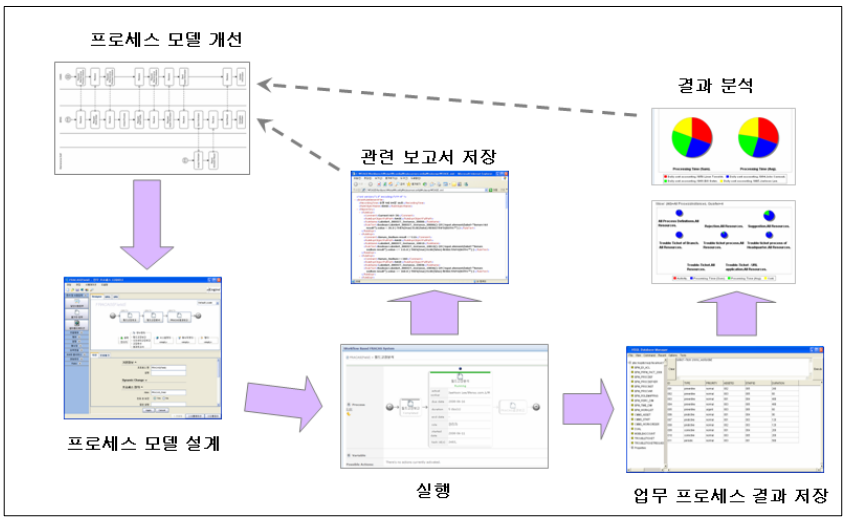


<그림 4> 프로세스 모델 생성 단계에서의 지식 참조

그림 4는 프로세스 모델의 생성 단계에서 필요한 지식을 참조하는 기능들이다. 좌측 상단에는 필요한 문서 양식을 정의하고 있으며, 단위업무의 성격에 따라 필요한 문서를 정의할

수 있다. 우측 상단에는 관련 지식 데이터베이스에서 필요한 지식을 검색 또는 가져오기 위한 연결을 보여준다. 좌측 하단은 담당자 또는 전문가의 참여와 수행을 정의하는 단위업무 역할을 정의하며 우측 하단은 프로세스 모델 저장소에서 여러 형태의 프로세스 모델을 참조하는 모습을 나타낸다.

4.2 프로토타입 시스템의 수행 시나리오



<그림 5> 프로세스 지식의 활용 시나리오

개략적인 프로세스 지식 활용 시나리오는 그림 5와 같다. 그림 4에서 설계된 프로세스는 실행과정에서 작성된 보고서와 수행 이력을 저장한다. 이 정보들은 다시 분석 및 추출되어 지식으로서 생성된다. 일단 생성된 지식은 저장소에서 대기하다가 프로세스 관련 지식에서 필요할 때 참조된다. 마지막으로 새로운 프로세스 모델을 설계하거나 기존의 프로세스 모델을 개선하는 경우에는 프로세스 모델 지식을 참조한다. 이 과정이 반복되면서 프로세스 지식은 축적되고 양질의 지식들로서 최적화된다. 이는 전술한 바와 같이 다양한 제품의 고장과 신뢰성 정보를 프로세스 중심으로 관리하고자 하는 FRACAS의 목적과 운용형태에 보다 적합하다고 할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 효과적인 FRACAS 개발 및 구현의 요구조건으로 지식과 프로세스의 통합 관리를 제시하였다. 이를 위한 방법론으로서 프로세스 지식의 개념을 활용하였다.

서두에서 프로세스와 지식의 관리를 위한 요구 사항으로서 1) 다양한 부품 정보와 고장 유형, 분석 및 교정 사례에 대한 체계적 분류, 2) Closed-loop 프로세스의 각 단계에서 필요한 지식의 정의와 지원도구 제공, 3) 종합적인 지식 기반의 업무 사이클을 지원하는 Closed-loop 프로세스 개발을 정의하였으며 이를 지원하는 시스템으로서 BPMS를 제시하였다.

본 방법론의 적용 결과로서 다음과 같은 개선점이 있다. 첫째로 고장 보고, 분석, 교정 업무의 필요한 정보 및 지식을 관리하는 도구로서 활용 가능하다. 둘째로 프로세스와 지식의 설계, 구현, 실행, 분석, 유지보수 및 개선을 위한 통합 프레임워크의 기능을 담당한다. 셋째로 지식 기반의 업무 수행 및 개선을 지원하는 환경을 제공한다.

향후의 연구에서는 기능적으로 구체화된 FRACAS의 시스템 구현과 실제적인 부품 및 고장 유형에 대해 적용하도록 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 산업자원부 기술표준원(2003), 신뢰성 용어 해설서, pp. 10-11.

[2] 이재훈, 장중순(2008), 워크플로우 기반의 FRACAS 프로세스 개발, 대한기계학회 & 한국신뢰성학회 공동학술발표대회.

[3] 정지수, 송민석, 최인준(2005), 지식관리와 프로세스 관리의 통합 프레임워크, IE Interfaces, Vol. 18, No. 1, pp. 52-62.

[4] Bae, H. R.(2004), Workflow based Storing Model for XML documents, Journal of Korean Institute of CALS/EC, no. 9, vol. 1, pp. 139-154.

[5] Bae. J., Seo .S., Kim. Y., Kang. S.(1999), Integration of Workflow Management and Simulation, Computers & Industrial Engineering, Vol. 37, No. 1-2, pp. 203-206.

[6] Bertizz, A and SYSLAB, Knowledge and workflow systems, Proceeding of the 11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, pp. 1102-1106.

[7] Delphi group, The language of knowledge , http://www.delphigroup.com.

[8] Hallquist, E. J., Schick, T.(2004), Best Practices for a FRACAS Implementation, IEEE Reliability and Maintainability - 2004 Annual Symposium - RAMS, pp. 663-667.

[9] Howard. S. et al.(2002), The Emergence of Business Process Management, A report by CSC's Research Services.

[10] Howard. S., Peter. F.(2003), Business Process Management : The Third Wave, Meghan-Kiffer Process.

[11] Lai. J. and Fan Y.(2002), Workflow and Knowledge Management : Approach and Integration, Lecture Note in Computer Science 2480, pp. 16-29.

[12] Lee, J. H., Gong, M. J.(2007), uEngine User Guide, uEngine Open source project,

http://www.sourceforge.net.

[13] Lee, J. H., Jang. J. S.(2008), Facility maintenance execution using Business process management system, , In submission for Journal of Korea Institute of Plant Engineering.

[14] List, B. Schiefer,J. and Bruckner, R,M.(2001), Measuring Knowledge with Workflow Management Systems, Proceeding of the 12th International Workshop on Database and Expert Systems, pp.467-471.

[15] MIL-HDBK-338B(1998), Military Handbook : Electronic Reliability Design Handbook.

[16] Relex Corporation(2003), Relex FRACAS Management System, http://www.relex.com.

[17] Remus, U and Lehner, F. The role of process oriented Enterprise modeling in designing process oriented Knowledge Management System, Proceeding of the AAAI symposium on bringing Knowledge to Business Process, pp. 30-36.

[18] WFMC(1995), TC00-1003 The workflow Reference Model, http://www.wfmc.org.