

◆특집◆ 지능형 설계 기술

설계 지원을 위한 Data Mining 기반의 지식관리 시스템

박홍석*, 이규봉**

Data Mining based Knowledge Management System for Supporting Design Process

Hong Seok Park*, Gyu Bong Lee**

Key Words : Data Mining (데이터 마이닝), Knowledge Management (지식관리), Association Rule (연관규칙), Knowledge Model (지식 모델)

1. 서론

일반적으로 기업에서 사용하고 있는 대부분의 지식들은 체계적으로 관리되거나 검증되지 못한 상태이다. 그 이유는 각 구성원 개인들에 의해 파일이 소유되거나 머리 속에만 남아 있는 경우가 많기 때문이다. 지식은 일반적인 정보에 비해 기업 차원에서 전략적으로 더 많은 가치를 포함하게 되어 있다. 반면 그 속성이 매우 동적이고 비구조화 되어 있는 것이 특징이며 사람이나 특정 매체를 거치면서 창출되는 경향이 많다. 그래서 다른 유형의 객체들과는 달리 효과적인 관리에 있어 보다 많은 시간과 자원이 요구된다. 이러한 현상은 기업의 제품 설계 프로세스 과정에서도 나타나고 있으며 이를 지식관리 측면에서 접근하여 개선하려는 시도가 필요하다고 하겠다^{1,2}.

현재 대부분의 기업들은 그 규모나 기능에 따라 차이는 있지만 최소한 기본적인 설계 프로세스

시스템을 운용하고 있다. 하지만 이들 시스템은 불필요한 업무의 반복이나 오류를 포함하고 있는 정보를 그대로 허용하고 있어 여러 가지 측면에서 효과적이지 못한 것이 사실이다. 최근 들어 설계 프로세스를 얼마나 효율적으로 정립하고 구현하는지의 여부가 제품 개발 및 생산에 매우 중요한 요인으로 작용하고 있다^{3,4}. 따라서 기업들은 PDM(Product Data Management), PLM(Product Life-Cycle Management) 등 설계 프로세스 그 자체를 위한 시스템은 물론 이를 지원하기 위한 별도의 시스템 구축에 대해서도 신중하게 고려하고 있다.

이에 본 연구에서는 이러한 부분을 해결하기 위해 데이터 마이닝(Data Mining) 기술을 이용한 지식관리 시스템을 개발하게 되었다. 아울러 기업들은 이 시스템을 이용함에 따라 설계 프로세스 시스템에서 발생하는 문제점을 부분적 또는 전체적으로 개선할 수 있게 될 것이다. 이 시스템의 구성 및 원리는 설계 지식들간의 속성과 그 관계로부터 연관성을 파악하는 연관규칙(Association Rule) 기반의 데이터 마이닝 기법에 의존한다.

2. 데이터마이닝 기반기술

2.1 데이터마이닝의 특성

데이터 마이닝은 수많은 데이터들의 집합 속

* 울산대학교 기계자동차공학부

Tel. 052-259-2294, Fax. 052-259-1680

Email phosk@ulsan.ac.kr

관심 분야 : 설계 자동화, Digital Manufacturing, 공정 설계

** 한국생산기술연구원

Tel. 041-589-8432, Fax. 041-589-8430

Email gblee@kitech.re.kr

에서 유용 가능한 정보를 효과적으로 찾아내어 이를 의미 있는 지식이나 패턴으로 사용하고자 하는 지식 탐사의 한 연구 분야라 할 수 있다. 예를 들어 제품에 부착된 바코드로 관리되는 판매자료 혹은 실험에 의해 얻어진 자료, 자금의 관리를 위해 기업이나 단체에서 유지하는 정보, 생산 프로세스에서 얻어진 각종 데이터 등과 같은 수많은 형태의 정보들 속에서 해당 목적에 맞게 적용될 수 있는 유용한 지식을 추출하는 것이라 할 수 있다.

데이터 마이닝의 종류로는 연관규칙, 순차패턴, 분류, 군집, 아웃 라이어 판별, 의사결정나무, 신경망 회로 등 다수가 있다^{5,6}. 하지만 이들이 모든 분야에 상관없이 다 적용 되는 기술은 아니다. 그렇기 때문에 적용시키고자 하는 분야의 특성을 파악하여 그에 맞는 데이터 마이닝 기술을 선택해야 한다. 이 중에서 연관규칙(Association Rule) 기술이란 어떤 사건이 일어나면 다른 사건이 일어나는 연관성의 중요도를 의미한다. 그런데 이는 다른 데이터 마이닝 기술들처럼 어떤 특정 문제에 대해서 아직 발생하지 않은 결과에 대한 예측이나 분류를 얻고자 하는 경우가 아니다. 이는 특정 데이터들의 이력 또는 그 근거로부터 데이터간 연관성의 정도를 측정하여 그에 대한 인덱스를 형성하고 그룹화하여 응용분야에 적용하는 형태의 기술이다.

2.2 설계지원을 위한 데이터마이닝 응용방안

이전에는 기업이 데이터를 분석하고자 할 때 해당 분야의 분석 전문가로 하여금 다양한 각도에서 접근하여 데이터를 분석하게 하였다. 이렇게 사람이나 간단한 도구를 이용해 계산을 하고 그 결과를 필요한 지식으로 전환하여 사용하는 수동적인 방법을 사용하였다. 이런 경우에는 데이터 분석 결과에 해당분야 전문가의 주관적인 입장이 전적으로 개입될 수 밖에 없다. 따라서 치명적인 오류를 포함한 지식을 생성할 확률이 높음은 물론 이러한 이유 때문에 기업으로서는 엄청난 손실에 대한 위험 부담을 항상 가지고 있을 수 있게 된다. 또한 시간이 흐르면서 기업들은 처리해야 할 데이터의 양이 방대해지고 업무가 복잡해져 가면서 업무 분석을 전문가의 통찰력에만 의지하는 것에 심각한 한계를 느끼게 되었다. 따라서 이를 자동화함과 동시에 전산화하는 방법이 필요하였고 이 시점에서 데이터 마이닝 기술의 필요성이 요구되었

다. 데이터 마이닝 기술은 전체적인 데이터에 대한 지식의 패턴을 추출하기 때문에 전문가가 간과할 수 있는 중요한 지식의 패턴들까지도 모두 찾아낼 수 있는 기술이다.

이를 기업의 설계 업무에 적용시켜 활용하게 된다면 과거의 이력에 대한 자료를 속성별로 파악하여 이 근거를 기반으로 하여 각 자료들 사이의 연관성을 파악할 수 있다. 그리하여 이를 이용하여 새로운 지식으로 창출하게 되고 이 역시 또 다른 설계 업무의 연관규칙으로서의 역할을 수행하게 된다. 이런 과정들을 반복함으로써 생성되는 지식들의 연관규칙은 각 설계 프로세스에 적절하게 공급됨으로써 비 신뢰성을 가진 설계자의 판단에 많은 영향을 주게 된다. 또한 이러한 연관규칙은 하나의 프로세스에서 생성되어 소멸되는 것이 아니라 프로세스의 전체 과정에 걸쳐 유효하다. 따라서 이 연관규칙은 데이터 자체뿐만 아니라 전반적인 프로세스에 대한 분석을 통한 행동 패턴까지도 추출해낸다. 이러한 이유로 현재 다양한 데이터 마이닝 기술들이 개발되고 있으며 이는 기업의 경쟁력 확보와 문제점 개선을 위한 매우 중요한 기반 기술로 자리 잡고 있다.

2.3 데이터마이닝의 기능

기업에서는 설계 프로세스와 관련된 매우 방대한 양의 데이터를 가지고 있다. 본 연구에서는 그 중에서 특허를 분석하는 프로세스에 데이터 마이닝의 연관규칙 기술을 적용한다. 이 기술을 이용하여 특허 데이터들 사이의 연관 관계를 도출할 때는 특허 데이터들의 속성들 가운데 다수의 연관 관계 도출을 위한 분류기준으로 결정해야 한다. 그 후 이 속성들의 연관성에 의해 나타난 결과가 특허 분석을 위한 설계 프로세스로 공급된다. 이때 공급되는 연관성의 결과가 바로 특허를 분석하는 프로세스에는 매우 의미 있는 지식으로 사용된다. 특허 데이터의 분류기준에 해당하는 속성은 크게 정화방법, 작동원리, 제품특성의 3 가지이다. 다시 말해 본 설계 프로세스에 적용되는 연관규칙 기술은 정화방법의 속성치와 작동원리의 속성치, 그리고 제품특성의 속성치들끼리 서로 어떤 연관 관계를 형성하고 있나를 분석하여 그 연관성에 따른 척도를 측정하는 것이라 할 수 있다.

연관규칙 기술에서 연관성의 평가기준은 지지도(Support)와 신뢰도(Confidence) 그리고 향상도

(Lift) 라는 척도를 이용하여 그 결과에 대해 판단하게 된다. 먼저 지지도는 전체 자료에서 관련 항목의 속성치가 포함될 확률이고, 신뢰도는 한 속성치가 선정되었을 때 다른 속성치가 선정될 확률이다. 두 속성치가 상호 연관성이 전혀 없다면, 즉 각각 독립적 이라면 두 속성치의 신뢰도는 전체 자료에서 한 속성치가 갖는 값과 같게 될 것이다. 이를 독립 가정하에서의 신뢰도라고 한다. 향상도는 실제 두 속성치의 신뢰도를 독립가정하의 신뢰도로 나눈 값으로 정의된다. 그러므로 지지도와 신뢰도는 확률 값이므로 0 과 1 사이에 존재하며, 1 에 가까울수록 두 속성치의 연관도가 높다고 할 수 있다. 향상도는 독립조건으로 나눈 값이므로 1 에 가까우면 독립적인 속성을 갖는 것을 의미하고 1 보다 크면 두 속성치가 연관관계가 있다고 할 수 있다. 1 보다 작으면 두 속성치가 음의 연관관계, 즉 상반되는 성격을 갖는 것이라고 판단할 수 있다.

이런 연관관계를 수치로 정량화 하면 아래와 같다⁵.

$$\text{지지도} = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(N)}$$

$$\text{신뢰도} = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(A)}$$

$$\text{향상도} = \frac{\Pr(A \cap B) \times \Pr(N)}{\Pr(A) \times \Pr(B)}$$

Pr(x): 전체 자료에서 x의 속성치가 포함될 확률

본 연구에 응용을 위해서는 위 개념에 기반을 두어 3 개의 속성치로 확장되어야 한다. 이를 위해서 치환 및 결합원리 등을 이용하여 개념에 맞는 다음과 같은 식을 유도하였다.

$$\text{지지도} = \frac{\Pr(A \cap B \cap C)}{\Pr(N)}$$

$$\text{신뢰도} = \frac{\Pr(A) \times \Pr(A \cap B \cap C)}{\Pr(A \cap B)}$$

$$\text{향상도} = \frac{\Pr(A) \times \Pr(A \cap B \cap C) \times \Pr(N)}{\Pr(A \cap B) \times \Pr(C)}$$

3. 지식관리시스템 설계를 위한 모델링

3.1 설계프로세스 모델링

기업이 제품을 개발할 때는 설계 프로세스에 따라 개발 업무를 진행한다. 복잡하고 투명치 못

한 이 업무를 효과적 및 효율적으로 진행하기 위해서는 기존 설계 프로세스를 분석하여 이를 기반으로 프로세스를 모델링 하여야 한다⁷. 모델링을 위해서 각 공정의 모델, 그들의 속성, 객체들간의 관계를 잘 묘사할 수 있는 정보 모델링 기술이 요구된다. 모델링을 위해 설계 공정들 간의 절차와 연결관계 등에 대한 폭 넓은 이해를 제시할 수 있는 객체 지향 언어 Express-G를 선정 하였다⁸.

프로세스 기술에 관한 주 관심사는 필요한 입력 자료와 생성되는 출력자료들 사이의 관계에 의해 결정되는 프로세스들의 상호 연관성과 그들의 수행 업무이다.(Fig. 1)

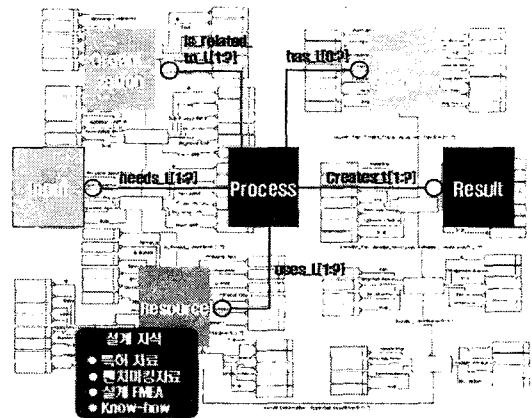


Fig. 1 Main objects for process model

자원 기술의 주 목적은 자원의 이용성, 프로세스 수행 효율성 및 비용 산정 등에 있다. 프로세스 전략은 장애나 새로운 목표에 대한 적응 방안을 제안한다. 이것은 프로세스의 최적화 및 제어에 도움을 준다. 조직은 구조적 및 조직적인 조직으로 구성되며, 구조적인 조직은 기본구조, 그들의 상호 연관성 및 업무영역을 포함한다. 조직적인 조직은 단위 조직과 그들간의 연관성에 의해 기술된다. 이것으로 설계와 같은 복잡한 프로세스에서 팀 조직을 통한 높은 업무의 병행화(Parallelization)을 추구할 수 있다.

이렇게 각 프로세스 별로 수행하는 역할이 있지만 설계 프로세스가 진행되는 동안 프로세스들끼리 직·간접적인 관계를 형성하고 있으므로 그들간의 연관성과 설계 논리상 전·후 관계를 파악하여 공정들이 원활하게 진행 되도록 설계 프로세스를 모델링 하였다.

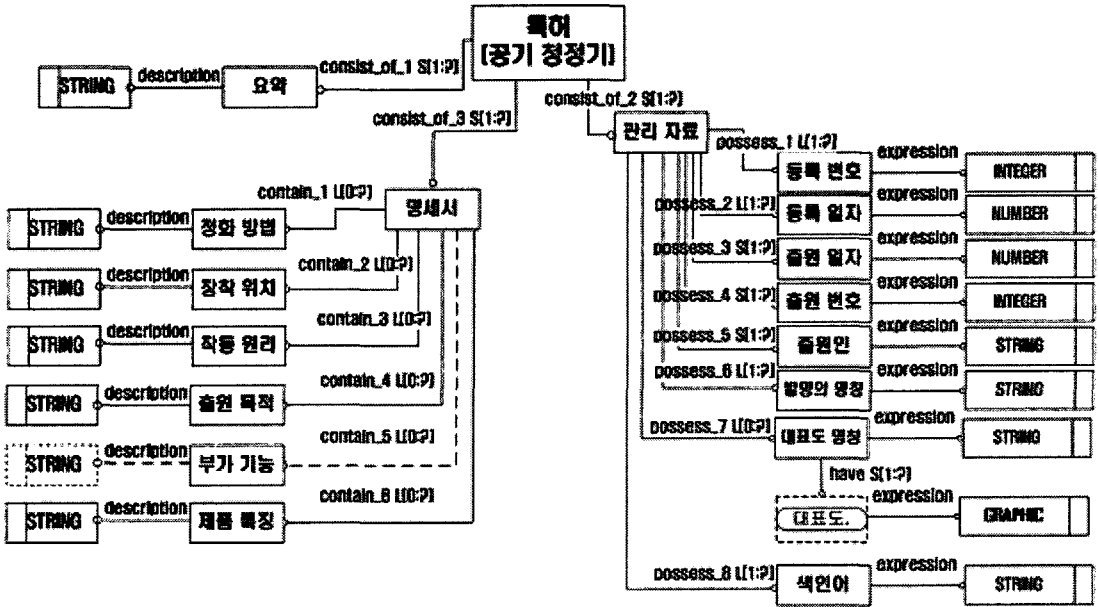


Fig. 2 Schema of Patent knowledge model

3.2 지식 모델링

지식관리 시스템 개발의 대상 기업의 주 생산 제품은 공기청정기이다. 이 제품을 개발하기 위한 설계 프로세스 중에는 특허를 분석하는 단계가 존재한다. 이 단계에서는 이미 존재하는 특허 자료들로부터 지식을 추출하여 개발하려는 제품에 대한 특허 침해 여부 등을 판별하게 된다. 개발 제품과 관련성이 깊은 특허를 제공하여 그로부터 지식을 추출하기 위해서는 특허에 대한 모델링이 필요하다. 복잡한 관계를 명확하게 표현할 수 있고 비교적 적은 기술노력으로 사용할 수 있는 Express-G로 표현된 특허 모델을 Fig. 2에 나타내었다. 이 모델로 소유하고 있는 정보 및 지식들을 표현 하고자 하였다.

특허 스키마는 크게 요약, 관리자료와 명세서로 구성되어 있으며 이들과의 관계는 각 항목에 대해 적어도 하나씩 반드시 존재해야 하는 S[1:?]로 표현된다. 관리자료는 특허의 보관 및 검색과 소유권 등의 관리를 목적으로 하며 Fig. 2에 소개된 자료들을 소유한다. 이 중 출원번호, 고안자와 출원일자는 관리를 위해 반드시 하나 이상은 기재되어야 할 사항이므로 S[1:?]로 나타난다. 그 이외의 사항들은 순수관리와 사용자의 편의성을 위한 자료이므로 속성에 따라 L[1:?] 또는 L[0:?]로 기재

된다.

명세서에는 특허 내용과 기술적인 사항들이 포함 되어져 있다. 이것들을 분석하여 특허 회피를 위한 지식을 추출할 수 있다. 이 목적을 위해서 기술적인 사항을 나타내는 정화방법, 작동원리, 제품특성을 특허들의 관련성을 평가하는 항목으로 선정하였다. 특허 각 항목의 데이터의 형식은 속성에 따라 NUMBER, INTEGER 또는 STRING으로 나타내어졌다.

공기청정기 제품에 대한 특허의 경우 분류기 준으로 결정할 수 있는 속성은 크게 3 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 공기청정기의 작동원리인데 이는 기계적 원리, 화학적 원리, 물리적 원리, 전자적 원리, 전기적 원리의 5 가지의 속성치로 구성되어 있다. 그리고 두 번째는 공기청정기의 정화방법인데 이는 필터, 음이온, 환기, 산소 등의 다수의 속성치를 갖는다. 끝으로 제품특성 정보의 속성치, 부품배치도, 형상, 제어방법 등이 존재한다. 세 속성정보들의 각 속성치를 가지고 2.3 절에 소개된 지지도, 신뢰도 및 향상도의 산정에 의해 연관도가 정해진다. 이를 통해 의미 있는 특허자료들이 해당공정에 제공되어 내포되어 있는 지식에 의해 특허권 침해를 피할 수 있다.

4. 지식관리시스템 개발

4.1 지식관리 시스템 모델 구상

지식 자원을 관리 가능한 형태로 바꾸어 이를 효과적 및 효율적으로 활용함으로써 설계 생산성을 높이는 목적하에 지식관리 시스템을 개발하고자 하였다. 이런 시스템에서 중요한 사항은 적합한 지식이 소환되어 재사용되고, 프로세스 진행을 통해 개선되거나 새로 고안되는 지식들을 확장하여 새로운 사용을 위해 저장되는 것이다. 이런 개념하에서 구상된 지식관리 시스템의 모델을 Fig. 3에 나타내었다.

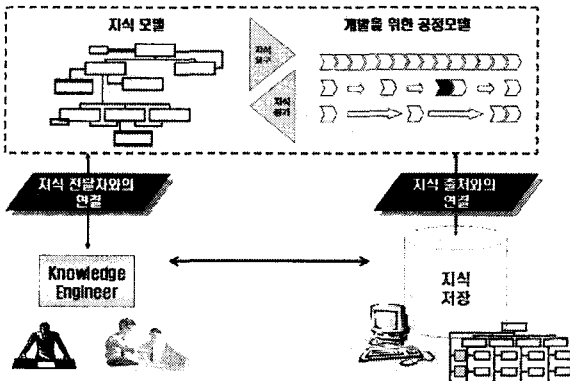


Fig. 3 Concept of Knowledge Management System

기본적인 구상은 앞 절들에서 개발된 지식 모델과 프로세스 모델의 기반하에 프로세스의 요구에 따라 지식이 공급되도록 하였다. Knowledge DB 내의 지식과 프로세스와의 연결은 데이터 마이닝 기법에 의해 이루어 지도록 하였으며 수정되거나 새로운 지식은 Knowledge Engineer에 의해 새롭게 모델링되어 Knowledge DB에 저장되도록 하였다. Knowledge Engineer는 모델링을 위하여 다양한 모델링 기법들, 예를 들면 ERM(Entity-Relationship-Model), NIAM(Nijssen's Information Analysis Methodology), 정보 구조 묘사를 위한 IDEF1, Express-G와 UML(Unified Modeling Language)을 사용한다^{9,10}. 여기서는 투명성 향상과 사용 용이성 등의 이유로 프로세스 및 지식 모델을 위해 Express-G가 사용되었다.

4.2 지식 관리 알고리즘

프로세스 모델에 따른 시간적인 프로세스 진행에 지식 모델상의 논리적인 지식 제공방안은 Fig. 4에 기술되어 있다.

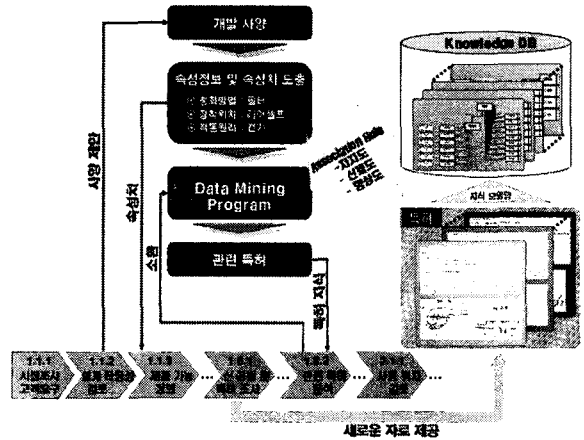


Fig. 4 Procedure for applying knowledge to process

시장조사 및 고객주문에 따라 제품기획의 단계에서 개발사양이 확정된다. 이에 의해 제품이 가져야 할 속성들을 유도하여 그 속성치를 제품 기능 정의 단계에 입력한다. 그 후 제품 개발 절차에 따라 특허 자료 조사 단계에서 입력된 속성치들을 가지고 데이터 마이닝 프로그램을 구동시켜 개발 속성치에 연관성이 있는 특허자료들이 제안되게 한다. 이 과정에서 연관 규칙의 평가 기준들인 지지도, 신뢰도와 향상도의 값들이 산정된다. 이들의 정의에 따라 지지도는 개발 속성치들을 갖는 경우가 전체 특허자료에서 얼마나 존재했느냐 이므로 연관성의 평가 측면에서는 다른 두 기준 값에 비해서 중요성이 덜하다. 향상도는 항상 1 이상의 값을 가져야 하며 높을수록 연관성이 깊다. 신뢰도는 두 속성치가 같을 때 다른 하나도 일치할 확률이므로 통념상 0.5 이상이 되어야 의미가 있다고 사려된다. 이 기준들을 가지고 향상도 및 신뢰도의 산정된 값을 평가하여 산정된 값이 높은 순으로 해당 특허들이 나열되도록 하였다. 상위로부터 개발될 제품과 상호 연관성이 밀접하므로 이들의 특허 지식을 우선적으로 회피하여야 한다. 또한 특허 분석 전 단계인 신 공법 및 특허 자료 조사에서 새롭게 출원된 특허가 있으면 이것도 지식 모델링을 통하여 Knowledge DB에 저장되어야 한다.

이런 전 과정을 통하여 프로세스 모델과 지식 모델이 결합되어 특허 지식들이 도출 됨으로써 특허권 분쟁을 사전에 차단할 수 있다.

4.3 지식관리시스템 Framework

지식관리 시스템 구현은 원하는 특허 자료가 설계자에게 제공되어야 한다는 사항과 기업 사용 측면에서의 요구사항들에 의해 이루어진다. 시스템의 기능적 면에서는 프로세스 모델과 지식모델의 시간적 및 내용적 측면에서 결합이다. 즉 필요한 시점에 요구되는 지식이 공급되는 것이다. 기업의 요구사항은 향후 특허뿐만 아니라 FMEA(Failure Mode Effect Analysis), 기존 설계 Know-how 등 다양한 지식을 처리할 수 있는 능력을 가지면서 분산된 환경에서 사용 가능한 시스템이다.

이런 요구사항들의 고려하여 개발된 시스템 아키텍처가 Fig. 5 에 보여진다. 각 구성 요소들간의 논리적인 관계가 표현되어져 있다. 직선형태의 점선들은 시스템의 기능을 수행하기 위해 참가되는 시스템 모듈과 기능들을 포함한다. 시스템의 기능인 데이터 마이닝의 결과는 WM(Workflow Management)와 SQL 서버를 거쳐 Far Point 에 의해 보여진다.

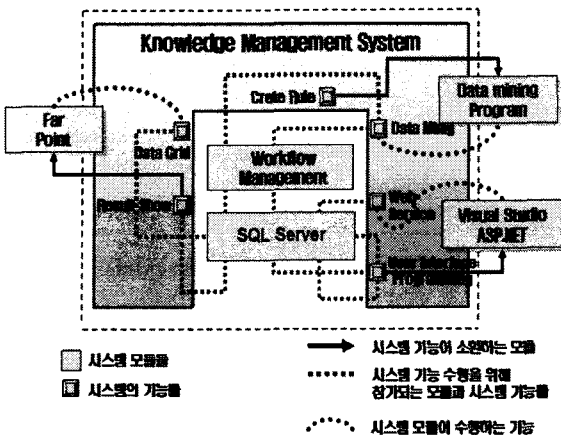


Fig. 5 Architecture of Knowledge Management System

설계 프로세스를 전반적으로 관리하는 WM 은 데이터 마이닝 결과에 의한 특허지식을 각 프로세스에 공급한다. 이 모듈은 현재는 상용 틀에 의존하고 있으나 향후 개발 계획을 갖고 있다. SQL 서

버에는 지식관리 시스템내의 모든 데이터들이 저장된다. 서버의 사양으로는 Microsoft Windows 2003 Server 버전의 운영체제를 기반으로 한다. Visual Studio ASP.NET 을 이용하여 지식관리 시스템의 각 기능들이 수행되도록 프로그래밍 한다. 또한 인터넷 환경의 구현을 위해 사용되어 졌다. 데이터 마이닝 프로그램은 연관 규칙의 평가기준들인 지지도, 신뢰도, 향상도를 직접 계산하여 그 결과치를 제공한다. Far Point 는 설계 문서 및 자료들을 양식에 맞게 생성하는 기능을 하며 그리드 전문 틀에 의존한다.

5. 결론

국내·외 경쟁력의 심화 때문에 기업들은 어느 시대보다도 혁신과 업무의 효과 및 효율성에 대한 강요를 심하게 받고 있다. 이의 한 극복 방안은 기업내 존재하는 지식의 재사용이다. 현재와 같은 지식기반의 사회에서는 이를 지원하는 지식 관리 시스템은 더욱더 중요해질 것이다.

많은 지식이 요구되는 설계과정에서 필요한 시점에 정확한 지식을 제공해 줄 수 있는 지식관리 시스템 개발의 필요성은 절실하다. 이런 시스템의 개발을 위해서 먼저 기존 설계 프로세스들을 분석하여 지식의 효과적인 활용과 프로세스를 효율적으로 수행하기 위해 프로세스 모델링을 하였다. 아울러 설계과정에 재활용 될 수 있도록 지식을 모델링 하였다. 이 과정에서 복잡한 정보들을 객체지향적으로 투명성 있게 적은 노력으로 잘 묘사할 수 있는 Express-G 가 모델링 틀로 이용되었다.

해당 공정에 적합한 지식을 제공하기 위해서 데이터마이닝 기법의 연관규칙을 이용하여 관련성이 높은 특허를 Knowledge DB 에서 검색 하였다. 연관성 평가기준으로는 지지도, 신뢰도 및 향상도가 이용되었다. 이런 바탕 위에 시스템의 구현을 위해 시스템이 가져야 할 기능성과 기업의 요구사항들이 파악되어, 이들을 고려하여 지식관리 시스템을 위한 아키텍처가 생성되었다.

기업에서 이용하고자 하는 지식들, 즉 특허, 벤치마킹 자료, FMEA, 기존 설계 Know-how, 설계 변경사항 중에서 현재는 특허 문제만 고려하여 시스템 개발을 진행하였으나 점차로 다른 영역으로 확장하고자 한다. 타 영역의 지식들을 설계 프로

세스에 제공하기 위해서는 해당영역의 속성을 파악하여 그에 적합한 지능적인 제공 방법론을 개발할 것이다. 예를 들면 설계 Know-how 재사용의 경우에는 속성정보에 의해 모델링 되는 Ontology 방법론 사용의 타당성을 적극 검토할 것이다. 이런 결과들로부터 전 영역의 지식들을 해당 공정에 제공할 수 있는 최적의 방법론에 따라 현업에 적합한 지식관리 시스템을 구현하고자 한다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 “G7 첨단생산 시스템 개발사업 기술료 활용과제”의 지원으로 이루어진 것임을 밝혀둡니다.

참고문헌

1. Tönshoff H. K., Apitz R., Lattner A. D., Schlieder C., “KnowWork – An Approach to Co-ordinate Knowledge within Technical Sales, Design and Process Planning Departments,” Proceeding of the 7th International Conference on Concurrent Enterprising, Bremen, Germany, 27 – 29th June 2001, pp. 231 – 239.
2. Eversheim, W., Leffin, T., Phornprapha, M., Park, H. S., “Product Development Processes supported by Integrated Telecooperation-Systems,” The 35th CIRP-International Seminar on Manufacturing Systems, 13-15 May 2002, Seoul, Korea.
3. Park, H.-S., Yeo, S.-H., Choi, H.-W., Lee, G.-B., “Design Management System for Collaborative Engineering,” Korean Society of Precision Engineering, Proceeding of Fall Conference 2002, pp. 938-941.
4. Park, H.-S., Lee, G.-B. & Eversheim, W., Phornprapha, M., Leffin, T., “A Framework of Collaborative Engineering System Supporting Product Development Process,” 13th International DAAAM Symposium, 2002, pp. 415-416.
5. Hand, D. J., Mannila, Heikki, Smyth, Padhraic., “Principles of Data Mining,” MIT, 2001.
6. Han, Jiawei, Kamber, Micheline., “Data Mining Concepts and Techniques,” Morgan Kaufmann Pub, 2000.
7. Park, H.-S., Lee, G.-B., “Product Development Process Supported by Integrated Telecooperation System for Small and Medium Manufacturing Enterprises,” International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, April 2004, Vol. 5, No. 2, pp. 5-15.
8. Reiner Anderl, Dietmar Trippner, “STEP. Standard for the Exchange of Product Model Data,” Teubner Verlag, 2000.
9. Dipl.-Ing., Guido Hanel, “Prozessorientiertes Wissensmanagement zur Verbesserung der Prozess- und Productqualität,” VDI Verlag, 2002.
10. Carsten, Deckert, “Wissensorientiertes Projektmanagement in der Produktentwicklung,” Shaker Verlag, 2002.