

웹 기반의 도시철도 전문가시스템 개발에 관한 연구

김 현 준¹⁾ · 배 철 호¹⁾ · 김 성 빈¹⁾ · 이 호 용²⁾ · 김 문 현³⁾ · 서 명 원^{*4)}

성균관대학교 기계공학부 대학원¹⁾ · 한국철도기술연구원²⁾ · 성균관대학교 정보통신공학부³⁾ · 성균관대학교 기계공학부⁴⁾

A Study on the Development of Web-based Expert System for Urban Transit

Hyunjun Kim¹⁾ · Chulho Bae¹⁾ · Sunghin Kim¹⁾ · Hoyong Lee²⁾ · Moonhyun Kim³⁾ · Myungwon Suh^{*4)}

¹⁾Graduate School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

²⁾Korea Railroad Research Institute, 360-1 Woulam-dong, Uliwang-si, Gyeonggi 437-050, Korea

³⁾School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

⁴⁾School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

(Received 27 April 2005 / Accepted 7 July 2005)

Abstract : Urban transit is a complex system that is combined electrically and mechanically, it is necessary to construct maintenance system for securing safety accompanying high-speed driving and maintaining promptly. Expert system is a computer program which uses numerical or non-numerical domain-specific knowledge to solve problems. In this research, we intend to develop the expert system which diagnose failure causes quickly and display measures. For the development of expert system, standardization of failure code classification system and creation of BOM(Bill Of Materials) have been first performed. Through the analysis of failure history and maintenance manuals, knowledge base has been constructed. Also, for retrieving the procedure of failure diagnosis and repair linking with the knowledge base, we have built RBR(Rule Based Reasoning) engine by pattern matching technique and CBR(Case Based Reasoning) engine by similarity search method. This system has been developed based on web to maximize the accessibility.

Key Words : Expert system(전문가시스템), Knowledge base(지식베이스), Rule based reasoning(규칙기반추론), Case based reasoning(사례기반추론), FMEA(Failure mode and effect analysis, 고장영향분석), FTA(Failure tree analysis, 고장트리분석), DT(Decision table, 결정테이블)

1. 서 론

미국, 일본, EU 등 선진국을 중심으로 한 세계의 철도산업은 정보 기술(information technology) 적용에 의한 표준부품의 공동개발 및 조달, 차량개발기간 단축, 부품의 품질향상 도모 및 중복투자 방지 등 전략적 제휴를 통한 공조, 공생 체계를 구축하고 있

다. 반면 국내 도시철도 분야는 일부 전산화가 이루어져 있으나 체계적이고 통합관리 운영되는 정보화 수준에는 도달하지 못한 실정이다.¹⁾ 따라서 고장 원인을 신속히 진단하고 체계적인 대처방안을 제시할 수 있는 논리체계를 정립하여 작업자에게 전달해 줄 수 있는 방법을 찾을 필요가 있다. 현재의 고장진단 전문가는 도시철도에서 발생하는 다양한 고장 증상에 대해 시행착오(trial and error)를 통한 경험적 추론과 검증을 바탕으로 문제를 해결하고 있다. 이

*To whom correspondence should be addressed.
suhmw@yurim.skku.ac.kr

러한 경험적 지식(heuristic)을 지식베이스(knowledge base)로 체계화하여 전문가시스템을 구축한다면, 보다 효과적이고 신속한 문제해결이 가능할 것이다.²⁾ 전문가시스템은 1965년 DENDRAL³⁾이라는 물질의 화학 구조식을 추정하는 전문가시스템, 1976년 MYCIN³⁾이라는 의료용 진단 전문가시스템을 시초로 발전되었다. 이러한 전문가 시스템을 기계분야에 적용, 경험적지식을 체계화하여 기계의 결함을 유발시키는 고장부위나 고장원인 탐색을 위한 진단절차 및 유지보수 절차에 대한 선행 연구가 필요하다. 전문가 시스템을 개발하기 위해서는 고장영향분석(FMEA : Failure Mode and Effect Analysis), 고장트리분석(FTA: Failure Tree Analysis)과 결정테이블(DT : Decision Table)이 구축되어야 한다.⁴⁾ 서동규 등⁵⁾은 공작기계의 고장을 FTA를 기반으로 고장을 체계화 하여 규칙기반의 전문가시스템을 개발하였으나, 적용대상이 공작기계라는 단일 시스템에 한정 되었다. 이재식 등⁶⁾은 복사기의 유지 보수 과정에 대하여 규칙기반 전문가시스템과 사례기반 전문가시스템을 혼합한 하이브리드 전문가시스템을 개발하고 그 성능을 비교 평가하는 연구를 수행하였다. 그러나 개발된 시스템은 CS(Client/Server)버전으로써 웹 기반을 이용한 시스템에 비해 지식축적의 한계가 있다.

본 연구에서는 도시철도라는 대형 복잡시스템의 보다 효과적인 유지보수 작업을 위하여 사고/고장 분류 체계를 표준화하여, 이를 지식베이스로 구축한 데이터베이스를 통해 규칙기반시스템과 사례기반시스템을 웹 기반으로 개발하고자 한다.

2. 도시철도 사고/고장 분류 체계 표준화

현재 도시철도 유지보수체계의 표준화에 대한 연구가 진행 중에 있으며 이는 유지보수를 위한 BOM(Bill Of Materials), 자재코드, 사고/고장코드 및 전자문서에 대한 표준화로 크게 나누어서 수행하고 있다. 표준화된 결과는 정보화 시스템에 반영되어 각종 정보의 데이터베이스화, 전문가시스템 등에 활용된다.

2.1 사고/고장 코드 구성

Table 1은 현재 도시철도 운영기관에서 사용하고 있는 고장 및 조치내역의 예이다. Table 1에서 볼 수 있는 고장 및 조치내역은 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 용어가 통일되지 않았다. 둘째, 분류가 제대로 이루어지지 않았다. 셋째, 전체가 세 항목으로만 분류되어 있는데 이는 사고/고장에 대한 모든 정보를 담아내기에 부족하다. 넷째, 각 호선별 혹은 각 기지별 고장 데이터의 형식이 다르다. 따라서 본 연구에서 구현한 고장코드는 Fig. 1과 같이 현재 각 차량 기지에서 작업자들이 하고 있는 사고/고장 분류 항목을 종합하여 구성하였다. 따라서 사고/고장코드는 14개의 대분류, 중분류, 고장현상, 고장원인, 치명도로 총 8자리로 구성된다.

Table 1 Sample data 1 of current failure classification

Failure classification	Failure mode	Actions taken
CM	CM inverter failure	PCB rack exchange in CMSB box
CM	CM NG	CMoil replenishment & air filter.exchange
BRAKE	CM failure	Lead line exchange to PTR
BRAKE	CM valve discharge	CMG failure, exchange
BRAKE	CM air dryer leakage	Wing valve fracture in dryer, exchange
BRAKE	CM inverter failure display	CM oil replenishment

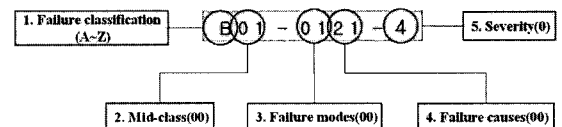


Fig. 1 Failure code indexing order

2.2 전동차의 BOM 구성

컴포넌트 기반의 마스터 BOM은 각각의 기능별 BOM과 연관관계를 가지고 데이터와 인터페이스를 블록화 시켜 서로 느슨하게 결합된 형태를 이루고 있다. 이러한 형태는 인터페이스를 통해 언제든지 새로운 전동차 BOM을 생성 또는 수정이 되도록 한다. 이들은 다수의 관계에 놓여진 인터페이스를 적절하게 결합하여 이벤트 핸들링을 만든다. ID

(Interface Driven) 형태로 조직화된 핸들링은 컴포넌트들을 서로 연결하여 구성체를 만들고 Fig. 2와 같이 적절하게 새로운 기능별 BOM을 생성하게 된다. 이를 통해 Fig. 3과 같이 환경 변화나 데이터 변환 시에는 룰셋의 변경만으로 구조가 변화하도록 하여, 설계 시 적용된 내용의 변경이 있어도 통합적으로 관리되어 반영될 수 있도록 하였다.^{7,8)}

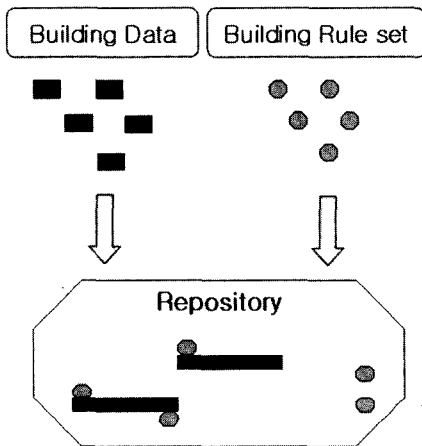


Fig. 2 Generation of function BOM based on component from master BOM

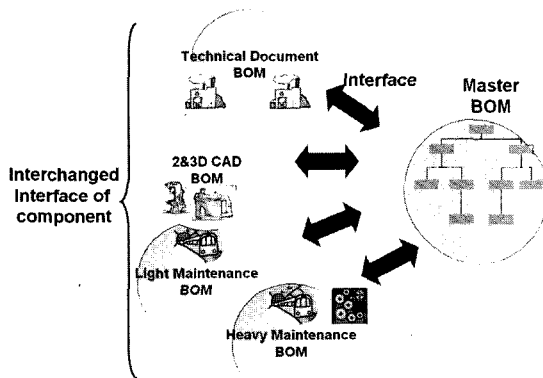


Fig. 3 Construction of function BOM

3. 도시철도의 전문가시스템 개발

본 논문에서 구축한 전문가시스템은 Fig. 4에서와 같이 지식베이스, 추론 엔진, 작업자 인터페이스(UI)의 기본 요소와 DBMS(DataBase Management System), 지식획득의 지원 요소로 구성된다.

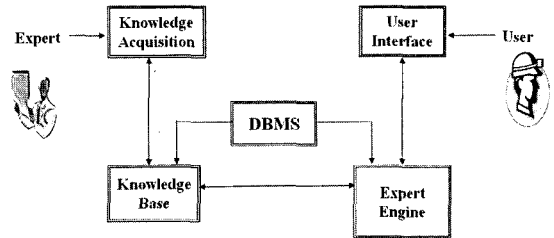


Fig. 4 Structure of expert system

3.1 데이터베이스 설계

본 연구에서 구축한 데이터베이스는 빠른 처리속도, 안정성, 유지보수 용이성, 확장성을 고려하여 구축하였다. 이를 위해 데이터 모델링을 통한 정규화, 비정규화로 최적의 데이터베이스 구조로 설계하였고, 업무처리유형 분석을 물리적 데이터베이스로 설계하였다. 또한, 데이터의 네트워크 이동성을 최소화하고 단순화 할 수 있도록 설계단계에 반영하고, 대용량 데이터의 빠른 처리를 보장하기 위해 DBMS(Data Base Management System) 설정을 최적화 하였다. 이를 기반으로 ERD(Entity Relationship Diagram)에서는 분석단계에서 도출한 객체모형인 개념적 데이터베이스를 근간으로 상세한 논리적 데이터베이스를 설계하였다. 이를 물리적(physical) 데이터베이스와 논리적(logical) 데이터베이스로 구분하여 각 테이블별 Primary Key와 Foreign Key를 설정하고, 각각의 속성을 상세화 하였다. 개념적 데이터베이스로 도출한 분석단계 객체의 각 속성과 화면설계를 참조로 구체적인 논리 데이터 엔티티(Entity)와 속성을 연결한 ERD를 설계하였다. 물리적 설계는 점진적 개발 단계에 구체적인 DAO(Data Access Object) 작성에 의한 SQL(Structured Query Language)문을 구체화 함으로써 필요한 물리적 모델을 구성하였다.

이와 같이 구성된 ERD는 각 어플리케이션 컴포넌트별 추출된 테이블의 개수가 8개인 전문가시스템으로 구성하였다. 설계된 ERD는 자동화 툴(tool)인 ER-Win에 의해 작성되고, ERD 이미지만으로는 정의한 내용을 상세히 볼 수 없어 테이블 정의서(Table Specification)를 작성하였다. 테이블 정의서에서는 엔티티별로 테이블과 영문명을 정의하여, 물리적 데이터베이스 설계를 통해 각각의 테이블과

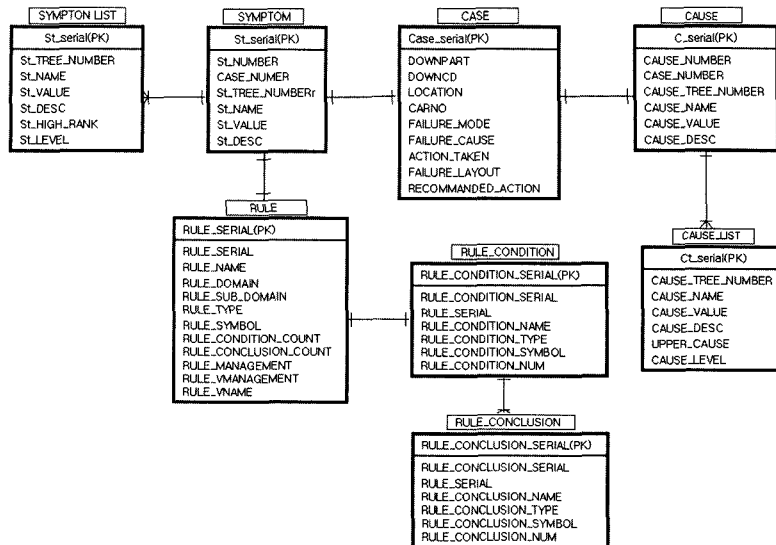


Fig. 5 Expert system ERD

컬럼(Column)으로 정의할 수 있도록 하였다. 각 테이블 정의서에는 ERD에서 정의한 데이터를 테이블 ID, 테이블 명, 테이블 설명, 컬럼 ID, 컬럼 명, 컬럼 설명, PK(Primary Key), 타입(type)등으로 구성하였다. 본 연구를 통해 구축한 데이터베이스는 Fig. 5에 나타내었다.

3.2 추론엔진

본 연구에서 구축한 추론엔진 알고리즘은 전문가 시스템의 두뇌 역할을 하는 가장 중요한 요소로서 사실상 추론 엔진의 성격에 따라 전체 시스템의 개념이 달라진다. 추론 엔진은 앞서의 지식베이스와의 연관성, 적용 대상에 대한 효율성을 고려하여 결정하여야 한다. 전문가시스템은 추론 엔진의 방식에 따라 규칙기반 전문가시스템과 사례기반 전문가 시스템이 있다.⁹⁾

3.2.1 규칙기반 전문가시스템

규칙기반추론(Rule Based Reasoning, RBR)을 이용한 전문가시스템은 대상 영역의 유지보수 과정을 통한 전문가의 경험을 규칙화 하여 지식표현 기법에 따라 표현하고, 이를 데이터베이스에 저장하여 전방향추론(forward reasoning)으로 해를 찾아내는 시스템이다. 여기서 전방향추론이란 데이터베이스에 저장된 지식을 초기 상태에서 목표 상태로 이동

하는 탐색 방법이다. 본 연구에서는 이러한 규칙기반 전문가 시스템을 구축하기 위해 도시철도 운영 기관의 실제 유지보수 과정에서 축적된 지난 5년간의 고장데이터를 분석하여 메모리 상에 총 300여개의 초기 규칙을 생성하였다.

규칙기반 추론 시 규칙의 패턴 매칭(pattern matching)은 Fig. 6과 같이 입력값이 들어오면 워킹 메모리(working memory) 상에 생성된 규칙중에서 입력값에 적합한 규칙을 매칭한다. 따라서 입력값에 대한 적합한 규칙이 매칭되면 그 결과값으로 매칭된 규칙을 도출한다. 입력값에 따른 패턴 매칭은 워킹 메모리 상의 제일 앞선 규칙, 우선순위를 가진 규칙, 조건이 많은 규칙, 최근에 생성된 규칙의 순으로 이루어진다. 이에 관한 규칙기반 추론의 알고리즘은 Fig. 7과 같다. 본 연구에서 구성한 규칙기반 추론 알고리즘은 우선 3개의 카테고리로 나뉜다. FRL (Failed Rule List)은 입력값과 생성된 메모리상의 규칙과 패턴 매칭을 수행하여 매칭된 결과를 도출하

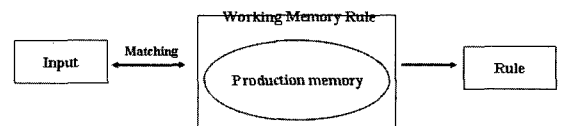


Fig. 6 Pattern matching

```

start:
wait until user select a category
FRL <- nil; /* failed rule list */
SRL <- nil; /* succeeded rule list */
STM <- nil; /* short term memory */

xx: select first rule_1 in the category, which is not in FRL
if there is no rule remained then display "failed"
    goto start
endif

c: if premise is "in" /* premise is in STM */
    then check the premise in STM
        if premise is true then goto a
        else goto b
    endif
    else ask user the premise
        store the answer in STM
        if answer is true then goto a
        else goto b
    endif
endif

a: /* a premise is satisfied */
if there is premise remained
    then goto c
endif
store rule i in SRL /* all premises are satisfied */
if conclusion is "display" then display conclusion
else if conclusion is "set" then store conclusion in STM
else execute conclusion : function call
endif
endif

aa: if conclusion is "완료" then goto start
else if conclusion is "display" then display conclusion
else if conclusion is "set" then store conclusion in STM
else execute conclusion: function call
endif
endif
goto aa
endif

b: store rule i in FRL /* a premise is not satisfied */
goto xx

```

Fig. 7 Rule based reasoning algorithm

지 못한 규칙 리스트이다. SRL(Succeeded Rule List)는 패턴 매칭을 통하여 작업자가 원하는 결과값을 얻어낼 수 있는 규칙 리스트이다. STM(Short Term Memory)은 규칙기반 추론 시 결과값을 도출하기 위한 추론과정을 일시적으로 저장한다. 추론과정은 우선 작업자로부터 입력값을 받으면 추론엔진은 조건을 통하여 FRL과 SRL으로 나뉘어서 추론을 한다. 이 과정에서 FRL에 들어온 규칙은 생성된 규칙을 통하여 반복적인 추론 과정을 통해 최종적으로 SRL인 규칙과 일치하게 되면 결과값을 출력한다. SRL의 규칙을 통해 얻어진 결과값은 STM을 통하여 추론이 끝난 후에 작업자에게 결론을 도출하는 동안 이용된 규칙을 보여준다. 예를 들면 Fig. 8과 같이 '밸브 플레이트 수리'라는 입력값을 받게 되면 메모

```

function 밸브플레이트수리
    if (고무표면 평활도 > 0.2 mm)
        then (display, 고무표면 연마)
    if (고무표면 평활도 < 0.2 mm)
        then (display, 밸브플레이트교환)

```

Fig. 8 Production rule

리에서는 저장된 규칙과 매칭을 한다. 규칙기반 추론 엔진은 '고무 표면 평활도'라는 매칭된 규칙을 도출하고, 이를 다시 입력값으로 받아들여 이러한 루트(route)를 거쳐 최종적으로 패턴 매칭을 재수행한다.

'고무표면 평활도'가 0.2mm 이상일 경우 '고무표면 연마', '고무표면 평활도'가 0.2mm 이하일 경우 '밸브 플레이트 교환'이라는 결론을 도출한다. 결론적으로 도출된 규칙이 작업자가 원하는 값이면 추론을 마치고, 원하지 않는 값이면 상기한 추론과정을 반복 수행하여 그 결과값을 도출한다.

3.2.2 사례기반 전문가시스템

사례기반 추론을 이용한 전문가시스템은 전문가가 가지고 있는 경험 및 비정형성 고장을 사례(case)로 기억하여 문제가 주어지면 데이터베이스에서 가장 유사한 사례를 추출하여 그 결과를 직접 또는 부분적으로 이용하는 문제 해결 방법이다. 본 연구에서 구성한 사례기반 추론의 알고리즘은 Fig. 9와 같다.

사례기반 추론의 알고리즘은 유사도 검색을 통해 결론을 도출한다. 지식베이스로 구성된 사례를 작업자가 키워드를 통해 검색을 하면 Fig. 10과 같이 추론엔진은 입력된 키워드에 따라 우선 지역적 유사도(Local Similarity) 검색을 하여 각 음절을 비교하여 가장 유사한 값을 추론한다. 또한 고장현상, 고장원인 등의 검색창을 두어 지역적 유사도 검색의 조합으로 다중 키워드 검색인 전역적 유사도(Global Similarity) 검색을 통해 가장 유사한 값을 추론한다. 추론 시 유사도를 1, 0으로 나누어 각 음절 마다의 키워드를 인식한다. 유사도가 1일 경우 일치하는 키워드를 사례로 도출하고, 유사도가 0일 경우 검색을 재수행하여 유사도 1을 만족할 때 결과값으로 인식하여 사례를 도출한다.

```

begin
input new case_n
extract records in the same category
for each record_j
    global_sim_j = 0;
    for each feature_i
        local_sim_i = local_similarity(case_n, record_j,
                                      feature_i)
        % call function
        local_sim_j = weight_i * local_sim_i
    end;
    global_sim_j = global_sim_j + local_sim_i
end
collect N records with largest global_sim_j
% N nearest neighbor algorithm
display N records with associated remedy
register case_n with cause and remedy
end

local_similarity (case_n, record_j, feature_i)
% function for calculating local similarity
% value of record_j : value_j
% value of case_n : value_n
% each feature is categorized
%   as numeric
%   symbolic
%
begin
case feature_i
numeric
    sim = abs(value_j - value_n)/range_i
    return sim
symbolic
    if value_j equal to value_n
        then sim = 1
    else sim = 0
    endif
    return sim
end case
end
    
```

Fig. 9 Case based reasoning algorithm

```

Local Similarity
sim_k(Sym_i, Sym_j)
: similarity between
Sym_i & Sym_j based on k_th attribute
: (K nearest neighbor)

Global Similarity
sim (Sym_i, Sym_j)
= Sum w_k * Sim_k(Sym_i, Sym_j)
    
```

Fig. 10 Similarity searching

4. 웹기반의 도시철도 전문가시스템

웹기반의 전문가시스템은 고장으로 발전할 수 있는 징후를 인지하였을 때 고장의 원인을 진단하는 절차, 고장의 원인이 규명되었을 때 정비 절차를 웹기반으로 제공하는 것과 같은 사후 조치의 측면이 강조되는 시스템이다.

현재의 도시철도 유지보수는 각 호선별, 기지별 독립된 차량 기지에서 이루어지므로 유지보수 정보 역시 산재 되어있다. 따라서 본 연구에서는 산재된 유지보수 정보를 통합 관리하기 위해 웹기반으로 유지보수 전문가 시스템을 구축하였다. 작업자들은 웹페이지에 접속해서 전문가시스템에게 질문하고 해답을 얻도록 구성하였으며, 또한 작업자의 해결 사항은 다시 피드백 되도록 하여 전문가시스템의 지식베이스 확장 및 신뢰도를 향상시키고자 하였다.

본 연구에서의 전문가시스템 개발 도구로는 가장 효과적인 웹개발 언어라고 알려져 있는 JAVA¹⁰⁾, JSP¹¹⁾를 사용하였다. 이는 전문가시스템 셀이나 인공지능 언어가 아니더라도 JAVA, JSP를 통해 본 연구에서 구현하고자 하는 수준의 지식 표현과 추론이 가능하다고 판단하였기 때문이다. 지식베이스 관리를 위한 데이터베이스(Database)는 오라클 9i(ORACLE9i)¹²⁾를 사용하였다.

시스템 구현을 위한 전체적인 구성도를 Fig. 11에, 시스템 흐름도를 Fig. 12에 나타내었다.

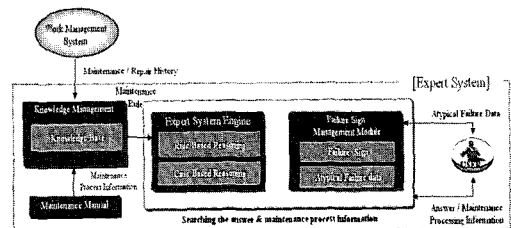


Fig. 11 Structure of expert system

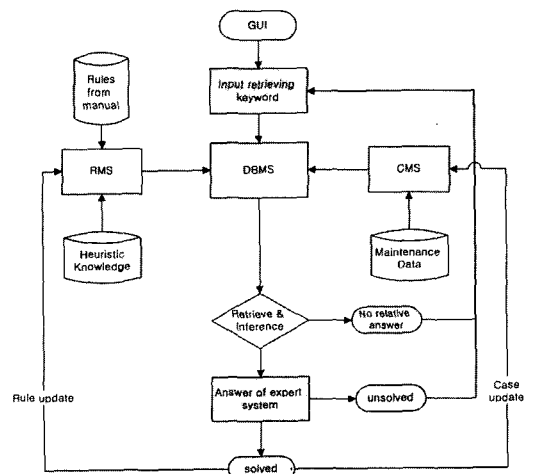


Fig. 12 Flow chart of expert system

4.1 웹기반의 사례기반 전문가시스템

프레임의 구성 내용은 사고/고장 분류체계를 기반으로 유지보수 작업 내용 입력부와 연계하였다. 입력부에서는 고장 내역을 입력하고 유지보수 작업후 상세 내용을 입력함으로써 하나의 사례가 등록된다.

Fig. 13은 고장등록 화면을 나타낸다. 프레임의 구성은 Fig. 14와 같이 차량을 구별할 수 있는 기본 정보와 사고/고장 분류 체계에 따른 내용, 그리고 상세 입력을 위한 고장현상개요, 고장원인개요 등으로 이루어져 있다.

사례 검색단은 Fig. 15와 같이 고장현상개요, 고장현상 등 5개 항목으로 검색하도록 하였다. 각 항목간의 연계를 통한 다중 검색도 가능하도록 구성하였다. 문제가 해결되었을 경우 작업자는 해당 사례에 성공 사례로 기록할 수 있으며, 이는 추후 동일 키워드 검색 시 작업자에게 우선 제시되도록 하여 탐색시간을 줄이고자 하였다. Fig. 16은 사례기반 전문가시스템의 결과 화면이다.

Fig. 13 Main window of case-base expert system

* 고장등록			
* 사례번호		* 발생일시	
* 관제일시	4 호선	* 발생장소	남태령역구내
* 조치일시		* 차량번호	4142 차호
		* 고장현상	정정차량
		* 고장원인	정정차량

Fig. 14 Frame structure for case-based expert system

* 고장등록			
* 사례번호	1	* 발생일시	1995-12-04 18:33
* 관제일시	4 호선	* 발생장소	남태령역구내
* 조치일시	1995-12-04 18:33	* 차량번호	4142 차호
* 고장현상	정정차량	* 고장원인	정정차량
* 고장현상개요			
* 고장원인개요			
* 조치내역			
* 참고사항			

Fig. 13 Main window of case-base expert system

Fig. 14 Frame structure for case-based expert system

* 고장등록			
* 사례번호	1	* 발생일시	1995-12-04 18:33
* 관제일시	4 호선	* 발생장소	남태령역구내
* 조치일시	1995-12-04 18:33	* 차량번호	4142 차호
* 고장현상	정정차량	* 고장원인	정정차량
* 고장현상개요			
* 고장원인개요			
* 조치내역			
* 참고사항			

Fig. 14 Frame structure for case-based expert system

Fig. 15 Retrieval window of case-based expert system

* 사례검색			
* 사례번호		* 발생일시	
* 관제일시		* 발생장소	
* 조치일시		* 차량번호	
* 고장현상		* 고장원인	
* 고장현상개요			
* 고장원인개요			
* 조치내역			
* 참고사항			

Fig. 15 Retrieval window of case-based expert system

Fig. 16 Result window of case-based expert system

* 사례검색결과			
* 사례번호	35	* 발생일시	1993-05-28 17:24
* 관제일시	2 호선	* 발생장소	남태령역구내
* 조치일시	1993-05-28 17:24	* 차량번호	2664 차호
* 고장현상	정정차량	* 고장원인	정정차량
* 고장현상개요	시정차량 정정차량 정정차량, EBCOS 취급 및 ATSCOS 취급하였으나 정정차량 정정차량, 정정차량		
* 고장원인개요	MRPS 막힌 차량으로 두개에 의한 주공기 압축기 및 정정차량 정정차량		
* 조치내역	MRPS 교환		
* 참고사항	정정차량 정정차량 정정차량 정정차량 정정차량 정정차량 정정차량 정정차량		

Fig. 16 Result window of case-based expert system

4.2 웹기반의 규칙기반 전문가시스템

규칙의 입력단을 Fig. 17에 제시하였다. 규칙의 입력은 사고/고장 분류체계의 대분류와 중분류를 시작으로 조건부와 결론부로 나뉘는데, 각 조건과 결론의 개수는 최대 10개까지 입력가능하도록 하였다. Fig. 18은 주공기 압축기에 대한 규칙 추론 과정을 보여주고, Fig. 19은 그 결과 화면이다. 주공기 압축기 장치에 대한 규칙은 총 40개가 저장되어 있으며 전방향추론을 이용하였다.

규칙기반 전문가시스템의 추론과정은 우선 검색창에서 입력 받은 질문에 해당하는 규칙을 검색하고, 입력자와의 상호 인터페이스를 통하여 결론에 도달하게 된다. 문제 해결에 성공적으로 사용된 규칙은 업데이트 되고, 차후 동일문제 발생 시 우선적으로 작업자에게 제시된다.

Fig. 17 Rule input window for rule-based expert system

* 전문가 시스템 검색 모드	
규칙베이스 검색어 :	주공기압축기 검색하기

Fig. 17 Rule input window for rule-based expert system

Fig. 18 Process of rule-based expert system

* 규칙베이스추론	
* 규칙명	주공기 압축기3
* 조건	공기압축기의 가동률은 True False 전동기 고압 True False
추론하기 추론과정보기	

Fig. 18 Process of rule-based expert system

* 규칙베이스추론	
* 규칙명	주공기 압축기3
* 조건	공기압축기의 가동률은 True False 전동기 고압 True False
추론하기 추론과정보기	

Fig. 18 Process of rule-based expert system

규칙베이스 규칙보기	
· 규칙 개수	공공차 일주거차 2
· 조건	조건 1
	조건명
	조건 Type
	결과값
· 결론	조건 2
	조건명
	조건 Type
	결과값
· 조치	결론 1
	결론명
	결론 Type
	결과값
(M21)	
[규칙베이스 종료] [규칙베이스 스크린] [규칙베이스 인쇄]	

Fig. 19 Result window of rule-based expert system

5. 결론

도시철도 유지보수 과정의 효율성과 신뢰성을 향상시키기 위해 전문가시스템 프로토타입을 구현하였다. 표준전동차 정비지침서 등의 관련 서적과 유지보수 전문가와의 논의를 바탕으로 지식체계를 객체 모델링하여 규칙기반 전문가시스템을 구성하였으며, 유지보수 데이터의 효과적인 입출력과 작업자의 편의성을 제고하여 사례기반 전문가시스템을 구현하였다. 이러한 과정은 유지보수 작업의 기초라고 할 수 있는 사고/고장 분류 체계의 표준화에 대한 연구를 바탕으로 이루어 졌으며, 산재해 있는 각 차량 기지별 정보공유를 위하여 웹기반으로 구현하였다. 도시철도 유지보수 전문가시스템의 프로토타입 구축으로 얻을 수 있었던 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 사고/고장 분류체계의 구성으로 그 활용성의 기반이 마련되었다고 할 수 있다.
- 2) 사고/고장 분류체계를 기반으로 통일된 입력 형태인 사례기반 전문가시스템의 프레임을 이용하고 이를 웹 환경으로 구현함으로써 정보공유의 기초를 마련하였다.
- 3) 표준전동차 정비지침서 등의 관련서적에서 제공하는 정비절차를 부품을 기준으로 조건과 결론으로 객체화시켜 모델링하고 대화식으로 추론 과정을 거침으로써 고장원인의 진단 및 정비절차를 제공할 수 있었다.
- 4) 과거의 사례가 새로운 문제 해결에 도움이 된다는 사실에 근거하여 사례기반 전문가시스템을 구현하였으며, 따라서 향후 데이터가 적층될수록 유지보수 작업의 효율성 및 신뢰성을 높일 수 있는 근거를 마련하였다.

후 기

본 논문은 두뇌한국21 사업의 지원 및 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-000-10938-0) 지원으로 이루어진 것으로써, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

References

- 1) H. Y. Lee, K. J. Park, T. K. Ahn, G. D. Kim, S. K. Yoon and S. I. Lee, "A Study on the RAMS for Maintenance CALS System for Urban transit," Korean Society for Railway, Vol.6, No.2, pp.108-113, 2003.
- 2) J. S. Maeng, I. K. Choi and K. R. Sung, "Development of an Expert System for Design of High Performance Compressor Valve System, Transactions of KSAE, Vol.4, No.6, pp.153-163, 1996.
- 3) Patterson, Dan W., Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems, Patterson, Dan W., Introduction to Artificial Intelligence and Expert System, Prentice Hall, 1995.
- 4) Y. H. Bae, H. K. Lee and S. J. Lee, "Fault Diagnosis of Walking Beam Roller Bearing by FTA," Korean Society of Precision Engineering, Vol.11, No.5, pp.110-123, 1994.
- 5) D. K. Suh and M. J. Kang, "Development of an Expert System for Machine Tool Diagnosis," Korean Society of Precision Engineering, Vol.16, No.10, pp.217-224, 1999.
- 6) J. S. Lee and Y. G. Kim, "A Hybrid Malfunction Diagnosis System using Customer-Reported Symptoms," Korea Expert System Society, Vol.4, No.1, pp.115-131, 1998.
- 7) H. Y. Lee, C. H. Bae, K. H. Kim and M. W. Suh, "A Study on Implementation of a BOM Management System Using Component Technique for Maintenance System of Urban Transit," Korea Society Mechanical Engineers A, Vol.29, No.1, pp.124-131, 2005.
- 8) R. Orfali, D. Harkey and J. Edwards, "Instant CORBA," John Wiley & Sons, 1998.
- 9) J. S. Lee and Y. G. Kim, "A Hybrid Malfunction Diagnostic System using Rules and Cases," Korea Expert System Society, Vol.4, No.1, pp.115-131, 1998.
- 10) J2EE(tm) Developer's Guide.
- 11) JSSE for the Java 2 SDK, Standard Edition, V1.4.
- 12) Oracle 9i User's Guide.