

# 지식베이스를 이용한 천정크레인의 전기고장 진단 및 처방 시스템 개발

The Development of the Knowledge-Based Electric Fault  
Diagnosis and Maintenance System for Overhead Cranes

최승영\*, 김선호\*\*

Seung Young Choi\*, Sunn Ho Kim\*\*

## Abstract

Overhead cranes which carry heavy items in construction or production areas consist of structure and electric modules. More than 80% of breakdowns bring out of the electric module. As operators do not know all about cranes, it sometimes takes much time to repair the cranes. In order to resolve this problem, the expert system which can diagnose causes of faults and give instructions for repair to operators, has been developed. The scope of the paper is limited to the electric module. First of all, analyzing symptoms and causes, we have developed a rule base with the expert system shell, EXSYS. Furthermore, for the facility maintenance including repair instructions against the causes, the instruction data base was developed with FOXPRO. On the other hand, for the help of user's understanding the fault causes, the graphic animation module which shows malfunctioning component parts or motions in 3D was developed with the graphic software, TOPAS VGA.

## 1. 개요

크레인은 우리 주위에서 흔히 볼 수 있는 건설현장이나 생산현장에서 중량물을 운반하

는데 많이 사용하고 있다. 그러나 크레인에 대한 전문적인 지식을 얻는데는 많은 시간이 소요되고 또한 전문가의 숫자가 한정되어 있어 단순한 고장조차도 수리를 위해 많은 시

\* BASC 응용소프트웨어 개발실

\*\* 명지대학교 산업공학과

간과 인력을 필요로 하게 된다. 이를 해결하기 위해서는 작업자가 기계에서 나타나는 증상의 단순한 입력만으로 쉽게 고장의 원인을 분석해 낼 수 있는 시스템이 필요하다.

이러한 목적으로 최근에는 전문가 시스템이 많이 개발되고 있다. 전문가 시스템은 주로 Interpretation, Prediction, Diagnosis, Design, Monitoring 등에 적용되고 있다 [23,69,11]. 이 중에서 Diagnosis 분야로는 사출성형 불량 해결 시스템이나 일본 安川電氣에서 개발한 로봇트 고장 진단 시스템을 들 수 있다[2,4]. 사출성형 불량해결 시스템은 Inference Engine 과 Knowledge Base는 LISP를 사용하였고, 사용자 인터페이스 모듈은 C 언어를 사용하였다. 여기서는 ORACLE RDBMS를 이용하여 불량발생 형태, 형상, 동반현상, 발생부위, 발생원인을 DB에 구축하여 추론에 필요한 데이터를 제공하였다. 다른 사례로서는 자동차 엔진의 고장진단 시스템을 들 수 있다 [12]. 이것은 Hierarchical Diagnosis Principle을 이용하여 엔진의 고장을 여러 부분으로 분류하여 차례로 문제를 해결하였다. 이를 위하여 Knowledge를 Static Knowledge와 Dynamic Knowledge로 구분하였으며 전자는 Frame 방식으로 후자는 Production Rule 방식으로 표현하였다.

본 논문에서는 크레인의 진단과 처방이 가능하며, 기존의 시스템과는 다르게 설비의 관리에 필요한 정보까지 관리하고 이상부위나 오동작을 시각적으로 보여주는 전문가 시스템을 개발하였다. 크레인은 천정크레인, 지브크레인, 다리형크레인 등 여러가지가 있으나 본 연구는 생산현장에서 많이 사용되는 천정크레인을 대상으로 하였으며 고장발생의 80%

이상을 차지하는 전기부문으로 국한하였다. 개발된 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 개발 내용으로는 전기부문의 고장현상과 고장원인의 관계를 전문가 시스템 셸의 일종인 EXSYS [7]를 사용하여 Rule Base로 구축하였다. 이것을 이용하여 고장증상을 입력하면 고장원인을 신속히 파악할 수 있다. 또한 FoxPro [8]를 이용하여 원인별로 수리방안이 지시되며 설비관리 사항들이 저장 및 열람될 수 있는 Instruction Data Base를 개발하였다. 또한 TOPAS VGA [10]라는 소프트웨어를 이용하여 작업자에게 시각적으로 고장의 부위나 오동작 상태를 보여 줄 수 있는 Graphic Animation 모듈도 개발하였다.

## 2. 천정크레인에서의 전기부문의 구성

전기부문은 전동기, 브레이크, 저항기, 제어기, 제어반으로 구분할 수 있으나 여기서는 개발 대상인 전동기와 브레이크에 대한 특성만을 소개한다. 크레인의 동력원인 전동기는 빈번히 정회전, 역전, 정지가 반복되므로 이러한 동작에 충분히 견딜 수 있도록 설계되어 있다. 전동기는 그 전원의 종류에 따라 교류 전동기와 직류전동기로 대별되고, 크레인에서는 특수한 경우를 제외하고는 대부분 삼상유도 전동기가 사용되고 있다.

크레인에 사용되는 브레이크에는 기계의 제동을 목적으로 한 것과, 속도제어를 목적으로 한 것이 있고, 전기기기를 사용한 브레이크로서는 ① 제동용에는 전자석에 의해서 조작되는 전자브레이크, ② 전동유압상기에 의해 조작하는 전동유압상기 브레이크가 주로 사용된다. 속도제어용에는 전동유압상기

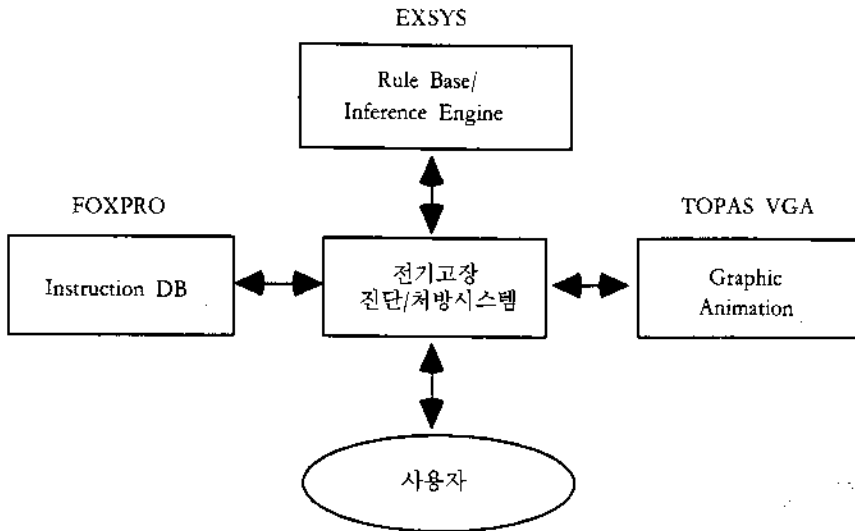


그림 1. 시스템 구성도

를 이용한 속도제어용 전동유압상기 브레이크, 전류의 계자를 이용한 와류브레이크 등이 사용된다.

이러한 부분들이 전기적 고장을 일으킬 경우 일반적으로 작업이 지연되기도 하고 고장을 잘못 파악함으로써 재해가 생기는 경우도 있다. 후자의 예를 들면 금속제품 제조업에서 작업자가 천정 크레인의 정확한 고장 부위를 모르고 올라가 점검하다가 전기에 감전되어 추락하여 생명을 잃은 사례가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 정확하고 신속하게 진단해 줄수 있는 진단 및 처방 시스템이 절대적으로 필요하다.

### 3. 진단을 위한 Rule Base 개발

전기 부분의 고장에서도 주고장 원인을 종류별로 구분해 보면 크게 나누어 전동기 부분, 브레이크 부분, 저항기 부분, 제어기 부

문, 제어반 부분으로 구분해 볼 수 있다. 이 중 본 논문에서는 전동기 부분과 제어기 부분을 하나로 묶었으며 브레이크 부분에서 유압상기 브레이크와 전자브레이크로 나누어 Rule을 개발하였다. 전기부분의 고장증상과 원인을 IF-THEN의 Production Rule 방식을 사용하였으며 고장원인의 우선 순위를 결정하기 위해 0에서 10 사이의 Confidence Factor 값을 주는 방식[7]을 이용하였다. 추론 방법은 Forward Chaining 방식을 사용하였다. 추론 시간을 줄이고 Rule을 효율적으로 사용하기 위하여 전동기부분, 유압상기 브레이크 부분, 전자브레이크 부분의 Rule들을 구별하는 Meta Rule을 이용하여 해당 Rule들만 작동하도록 하였다.

#### 3.1 전동기 부분

전동기 부분의 고장원인과 증상은 표1에 요약되어 있으며 이를 이용하여 그림 2와 같

은 Decision Tree를 도출하였다. 여기서는 처음에 시동의 여부를 사용자에게 문의하며 만약 대답이 No이면 단선, 단자의 느슨함, 정전, 전압강하가 원인이고 대답이 Yes이면 다음의 질문인 불완전한 시동 여부를 묻는다. 이와 같이 계속해서 진동여부, 과열여부, 회전수 상승여부, 제어기 내의 불꽃 정도를 물어 진단하게 된다. 이를 이용해서 개발된 Rule은 첨부 1과 같다.

### 3.2 브레이크 부분

브레이크 부분은 전동 유압상기 브레이크와 전자브레이크로 나눌 수 있는데 이 두 부분의 고장증상과 원인은 표 2와 표 3에 요약되어 있다. 이에 대한 Decision Tree는 그림 3 및 4와 같다. 우선, 브레이크의 종류를 사용자에게 물어 그에 해당하는 Rule로 찾아가는다. 만약 브레이크가 전동유압상기 브레이크라면 그림 3에서와 같이 먼저 브레이크의 작동 여부를 묻고 이어서 동작의 속도, 기계의 과열 여부등을 묻도록 하였다. 사용자의 대답이 전자브레이크이면 그림 4에서와 같이 브레이크의 작동 여부와 브레이크의 풀림 정도를 묻는다. 이를 이용하여 개발된 브레이크 부분의 Rule Base는 첨부 2와 같다.

### 3.3 진단 사례

사용자가 컴퓨터에 입력하는 Data는 앞부분에서도 언급하였듯이 크레인의 운전시에 나타나는 각 증상으로 시동의 유무, 기계의 온도, 기계의 작동상태 등이 된다. 전동기에 대한 입출력 사례는 그림 5와 같다. 컴퓨터 화면상에 나타난 질문에 대하여 각 경우에 대한 값을 입력하면 고장 원인들이 Confi-

표 1. 전동기 부분의 고장 증상과 원인

증상	원인
전연시동 안됨	1. 단자의 느슨함 또는 벗어남 2. 단선 3. 정전 또는 전압강하대
불완전한 시동이 된다	1. 일상단선 2. 회전자와 고정자의 접촉 3. 브레이크가 헐겁지 않다 4. 부하과대
과열한다	1. 사용 빈도가 심하다 2. 전압강하가 심하다 3. 부하과대 4. 저항기 부적정 5. 주파수 강하가 심하다 6. 베어링의 유절이다
진동이 나온다	1. 체결볼트의 헐거움 2. 베어링의 마모 3. 부하기기 부분의 상태불량
회전수가 오르지 않음	1. 회로단선 2. 회전자와 고정자 사이의 불평행 3. 주파수 강하가 심하다
과전류 계기 또는 휴즈가 끊어짐	1. 부하최대 2. 고정자의 전선단락 3. 회전자의 권선단락 4. 회전자의 회로단락

dence Factor가 높은 순으로 나타난다.

## 4. Instruction DB 개발

EXSYS를 통하여 나타난 진단결과를 이용하여 사용자가 고장났을 가능성이 가장 높게 나타난 부분을 차례로 점검한 후에 각 고장 부위에 대한 처리 방법 및 설비 관리 내용을 알아야 할 필요성이 있다. 이러한 내용을 관

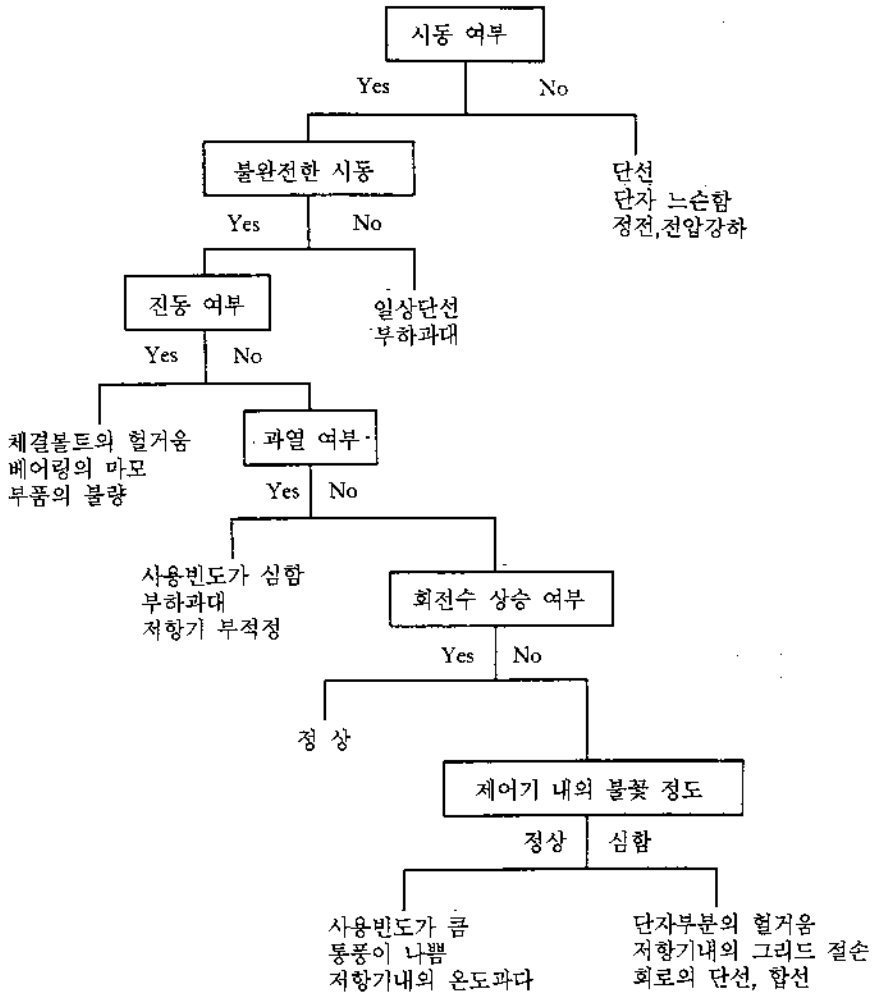


그림 2. 전동기 부문의 Decision Tree

리하고 또한 사용자에게 알려주기 위하여 Instruction Data Base를 개발하였다. 이것은 FoxProLN V2.0을 이용하여 이미 개발된 설비관리 DB [5]에 진단에 따른 처리방안을 추가한 것이다.

이 DB는 그림 6과 같이 설비관리 코드 생성, PM(Preventive Maintenance) 계획 생성 및 조정, 이상발생 보고, 보전작업 지시 및 완료

보고, D/T(Down Time) 현황, 설비별 D/T현황, 자료관리의 모듈들로 구성되어 있다. 이 모듈들을 이용하여 사용자가 고장부위를 점검할 수 있게 하였고, 점검시 마다 이상 발생 횟수와 점검 내용등을 DB에 저장하여 각 설비별로 Down Time현황이 산출되도록 하였다. 또한, 이를 통하여 이상이 발생하는 주기별 횟수와 점검주기 (MTBF, MTTR)를

표 2. 전동유압상기 브레이크의 고장 증상과 원인

증상	원인
동작이 늦다. (정규는 0.5-1초)	1. 전압강하가 심하다 2. 유량이 불량이다. 3. 기름의 점도가 너무 높다.
압상기가 과열한다.	1. 브레이크 기구에 이상이 있다. 2. 기계적인 이상이다.
브레이크가 헐거워 지지 않음.	1. 입상롯트 부분상태가 나쁘다. 2. 추의 위치가 부적절 하다. 3. 유량이 부족이다.
브레이크가 들지 않는다	1. 편회전이 마모 되었다. 2. 브레이크 기구에 이상이 있다.

표 3. 전자 브레이크의 고장 증상과 원인

증상	원인
때때로 들지 않을때가 있다.	1. 철심이 완전히 흡하지 않는다. 2. 전원 전압이 너무 높다. 3. 코일이 부분적으로 단락되었다.
전자석이 과열한다.	1. 철심이 완전히 흡하지 않는다. 2. 전원 전압이 너무 높다. 3. 코일의 부분 단락이 발생
브레이크가 풀리지 않 는다.	1. 코일이 단선되었다. 2. 전압강하가 심하다. 3. 스트로크가 과대
충격이 크다.	1. 전압이 너무 높다. 2. 편회전으로 마모되었다. 3. 다슈 포트를 조정한다.

산출하여 고장이 발생할 수 있는 시기를 미리 알 수 있도록 하였다. 이 DB는 각 설비별로 설비관리 코드를 정하여 입력한 후 이 코드에 따라 모든 자료를 입력할 수 있도록 구성되어 있다.

Instruction DB와 진단 Rule Base 및 Graphic

Animation 모듈과의 상호 정보 흐름 관계가 그림 7에 나타나 있다. 사용자가 이상 상태를 입력하면 그림 5와 같이 이상진단 모듈이 고장 원인을 Confidence Factor 값이 큰 순서로 고장원인들을 보여주게 된다. 사용자가 조치사항을 보고 싶을 경우 고장원인과 Confidence Factor 값이 ASCII File로 저장되며 Instruction DB의 이상발생보고 모듈로 들어가게 된다.

이상발생 보고 모듈은 그림 8과 같이 이상 발생 보고조회 및 등록, 이상발생 보고처리 및 작업의뢰, 의뢰 현황 조회 및 작업 추가 계획의 세 모듈로 구성되어 있다. 이상 발생 보고 등록 모듈은 그림 9와 같이 기계의 이상이 발생한 일자, 시간, 설비관리 번호, 운전관리 부서, 근무조, 설치라인 번호, 조치완료 일시, 이상내용을 입력하게 된다. 이때 이상내용은 EXSYS에서 ASCII 파일로 저장한 고장원인과 Confidence Factor 값들을 읽어들이 Window상에 보여 준다. 여러 가지의 고장원인중에서 사용자가 하나를 선택하게 되면 선택된 고장원인에 해당하는 조치 사항이 그림 10과 같이 자동적으로 제시된다. 이 조치사항들은 Table 형식으로 사전에 입력하여 저장되어 있다.

이상 발생 보고 등록 후 보전작업 계획을 추가하게 되는데 그림 11에서와 같이 작업의 처리를 의뢰한 것을 조회 할 수 있을 뿐만 아니라 작업자가 의뢰한 작업의 내용과 완료 예정일, 순위, 단위, 부품등을 알아 볼 수 있도록 되어 있다. 또한 그림 12에서와 같이 위의 작업들을 통하여 각 기계가 운전시간에 비하여 얼마만큼의 Down Time(D/T)이 발생하였는지를 조회 할 수 있도록 정지횟수와

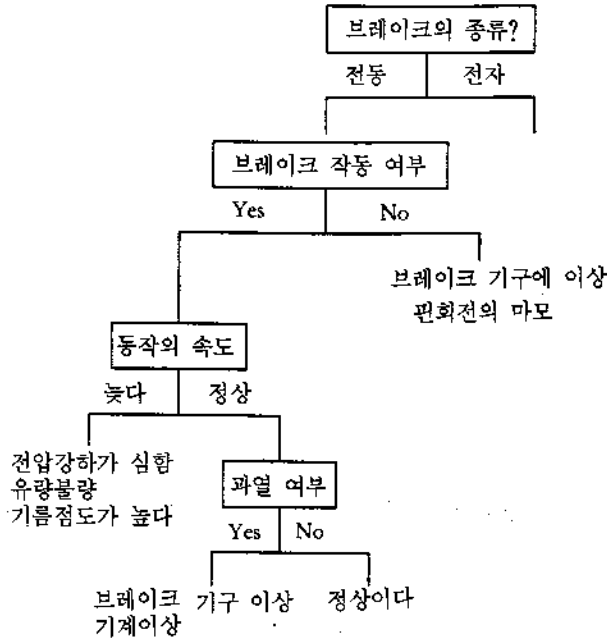


그림 3. 전동유압상기 브레이크 부분의 Decision Tree

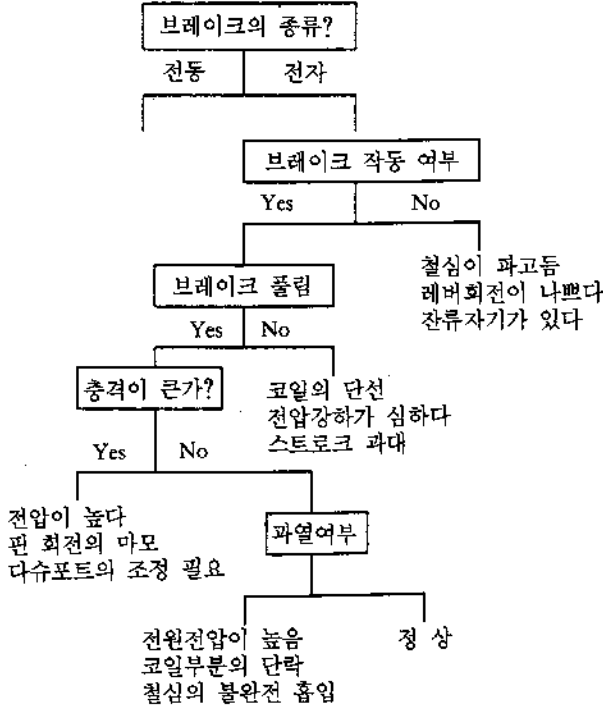


그림 4. 전자 브레이크 부분의 Decision Tree

Exsyspro

Q) 시동이

1. 걸린다
2. 안걸린다

Q) 권선부분의 온도가

1. 55도 이상이다
2. 55도 이하이다

(a) 증상입력 화면

Exsyspro Result

	Value
1. 사용빈도가 심하다	10
2. 부하가 과대이다	9
3. 전압강하가 심하다	8

(b) 진단결과 출력 화면

그림 5. 증상 입력 및 진단결과 출력의 사례(전동기 부문)

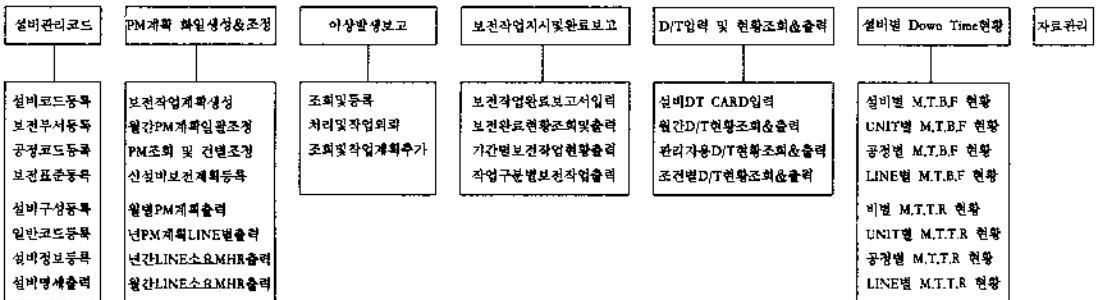


그림 6. Instruction Data Base의 모듈별 구조

D/T시간을 입력하는 기능이 있다. 이 외에도 많은 설비관리 모듈이 있으나 진단결과 및 처방과 직접 관련된 것이 아니어서 여기서는 설명을 생략하기로 한다. Instruction DB 모

듈을 종료시키면 다시 이상진단 모듈 (EX-SYS)로 돌아간다.



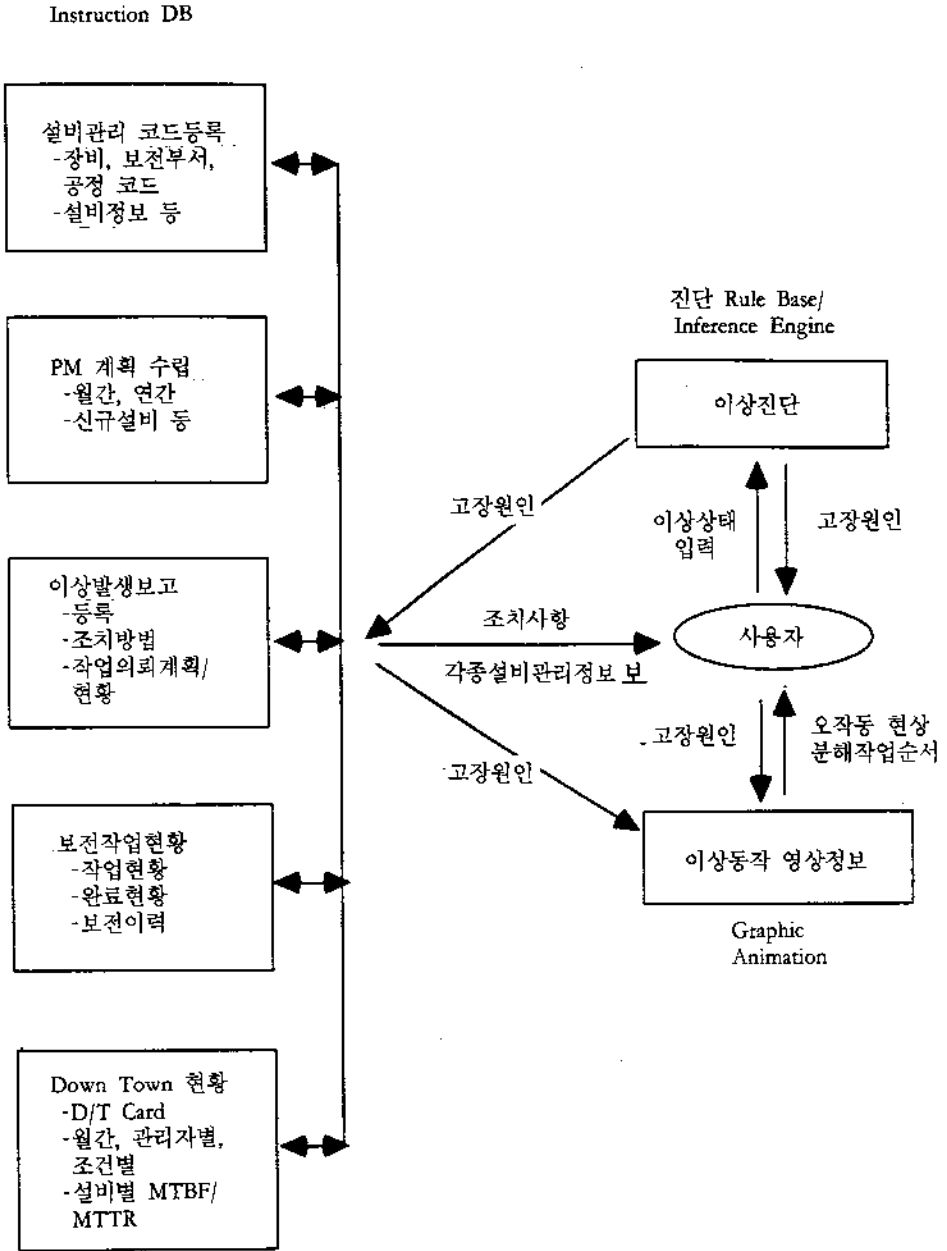


그림 7. Instruction DB와 Rule Base 및 Graphic Animation 모듈과의 정보흐름도

MAIN - MENU

<ul style="list-style-type: none"> <li>1. 설비관리 코드</li> <li>2. 이상발생 보고 &amp; 보전작업의뢰</li> <li>3. 보전 작업 지시 및 완료보고</li> <li>4. D/T 입력 및 현황조회 &amp; 출력</li> <li>5. 보전이력 현황조회 &amp; 출력</li> <li>6. 설비별 DOWN / TIME 현황</li> <li>7. 자료관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. 이상발생보고 조회 및 등록</li> <li>2. 이상발생 보고 처리 및 작업의뢰</li> <li>3. 의뢰 현황 조회 및 작업계획추가</li> </ul>
---	---

[ESC 종료]

그림 8. 이상발생 보고 및 보전작업의뢰 화면

<< 이상 발생 보고 등록 >>

발 생 일 자 : 92.01.02  
 발 생 시 간 : 10:00  
 설비관리번호 : 12321

운전관리부서 : 11111  
 근 무 조 : 2  
 설치라인번호 : 3  
 조치완료일자 :

이 상 내 용 : 사용빈도가 심하다

1 찾기    2 다음    3 이전    4 입력    5 수정    6 삭제    9 종료

그림 9. 이상발생 등록 화면

<< 조치방법 >>

- 1. 전동기의 정격을 고려하여 사용한다.
- 2. 규정의 부하로 사용한다.

그림 10. 이상내용에 따른 조치방법 화면

《 보전작업 의뢰현황 조회 및 작업계획추가 》

작업부서 : [     ]     

의뢰일	의뢰부서	예정일	완료요청일	가능 순위	LINE SHOP	설비NO	UNIT	PART
작업번호	의뢰내용							

그림 11. 보전작업 의뢰현황 조회 및 작업계획추가 화면

《 월간 D/T 현황 조회 및 출력 》

작업부서 : 중장비부

작업반 : 3번조

설비 : 전동기 부문

No	LINE	D/T횟수	D/T 시간(분)	LOSS량	소요시간/분
12	10	2	1,350	11,152	58

그림 12. 월간 D/T 현황 조회 및 출력화면

## 5. Graphic Animation 모듈 개발

Instruction DB에서 조치사항을 사용자가 파악한 후에는 추가로 이상동작에 대한 현상을 볼 수 있도록 하였다. 이것을 위하여 각 고장의 상태를 작업자가 부품을 뜯어보지 않고서도 시각적으로 확인할 수 있는 Graphic Animation 모듈을 개발하였다. 여기서는 고장 원인별로 영상 File명이 저장되어 있어 Instruction DB에서 선택된 고장원인에 따라 영상 File이 작동하게 된다. 그래픽 프로그램 툴인

TOPAS VGA를 이용하여 모델링과 렌더링을 하였고 Animation을 위하여 Movie Type의 File로 구성하였다. 이 모듈은 메모리 충돌을 피하기 위하여 Instruction DB 모듈을 종료하고 실행시키게 된다.

그림 13, 14는 Graphic Animation 동작중의 한 화면들이다. 그림 13은 전동기 부문중 철심부문의 파임을 나타낸 화면으로 중심축 주위에 둘러진 코일이 파열되는 것을 나타낸다. 그리고 그림 14는 브레이크의 기계적인 이상을 나타내는 화면으로 브레이크 윗부분의 축

이 빠져 있음을 볼 수 있다. 컴퓨터 모니터 상에서는 이 그림이 움직이며 다른 색상으로 되어 있어 눈으로도 쉽게 구분을 할 수 있으나 여기에서는 흑백의 한 장면이므로 잘 구분이 되지 않고 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 전문가 시스템을 크레인의 전기 부분의 고장 진단에 적용하기 위하여 전동기 및 브레이크 부분의 고장 증상과 원인을 이용하여 Rule Base를 개발하였고 이에 따라 나타나는 원인별로 보수작업 및 설비관리 대책을 세울 수 있도록 Instruction Data Base를 개발하였다. 또한 고장부위를 그래픽 화면으로 보여줌으로써 작업자가 보수작업을 쉽게 할 수 있도록 하였다.

이 시스템을 개발하면서 EXSYS와 FOX-PRO 간의 Interface는 ASCII File을 이용하여 정보를 전달하는 방식을 취하였으나 앞으로 EXSYS와 FOXPRO 사이의 정보 교환을 원활히 할 수 있도록 기능을 보완하여야 할 것이다. Graphic Animation시 TOPAS VGA가 메모리를 많이 차지하므로 EXSYS 나 FOX-PRO 를 종료한 후 실행하는 방식을 이용하였으나 앞으로 이에 대한 보완도 이루어져야 할 것이다.

이 시스템은 안전과 관련하여 개발한 시범적인 시스템으로서 현장에 적용하기 위해서는 전기적 이상현상을 좀 더 세밀한 부분까지 고려하여 Rule을 개발하여야 한다. 예를 들면 전동기 부분에서 이상 증상인 “회전수 상승”의 경우 회전수 상승과 비상승의 기준이 명확하지 않아 사용자의 주관에 따라 고



그림 13. 전동기의 철심 부분의 퍼임고장

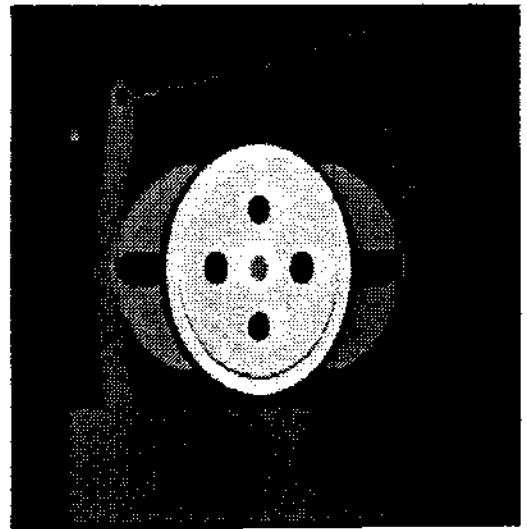


그림 14. 전자브레이크의 기계적 고장

장원인이 매우 달라질 수 있다. 또한 이 논문에서 제외된 크레인의 기계 및 구조 부분에 대한 Rule도 추가되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 김 경섭, 전문가 시스템에 기반을 둔 관계 데이터 베이스 설계용 도구개발에 관한 연구, 연세대학교 석사학위 논문, pp4-5, 1988.
- [2] 박 영배, Expert System Lecture Notes, 명지대학교 대학원, 1993.
- [3] 백 인환외 2명, "선삭공정에 있어서 공구선택용 전문가 시스템의 개발", 한국정밀공학회지 제9권, 제3호, pp53-60, 1992.
- [4] 왕 용민외 3명, "사출성형 불량해결 전문가 시스템," 대한산업공학회 93추계학술대회 논문집, pp481-486, 1993.
- [5] 조 창현, FMS용 DYNAMIC SCHEDULAR 개발, 명지대학교 석사학위 논문, 1993.
- [6] 한 순홍 외 5명, "범용 전문가 시스템을 이용한 선박의 구조설계 지원 시스템," 대한산업공학회 93추계학술논문집, pp152-pp161, 1993.
- [7] Exsys Professional, Advanced Expert System Development Software Manual, Vol 2, EXSYS Inc, 1988.
- [8] FoxPro, User's Guide Manual, Microsoft Co., 1993.
- [9] Harmon, P., King, D., Expert Systems, John Wiley & Sons, 1985.
- [10] TOPAS VGA, User's Guide Manual, 1993.
- [11] Waterman, D.A, A guide to Expert Systems, Addison-Wesley, 1986.
- [12] Xiaojun, Z., Shuzi, Y., Anfa, Z., Hanmin,

Shi., "A Knowledge-Based Diagnosis System for Automobile Engines," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, pp159-169, 1988.

## 첨부 1. 전동기 부분의 Rule Base

```

/* RULE NUMBER: 1
IF: 시동이 {안걸린다}
THEN: > 단자의 느슨함 또는 벗어남
- Confidence=10/10
and: > 단선 - Confidence=9/10
and: > 정전 또는 전압강하대 - Confidence=8/10

/* RULE NUMBER: 2
IF: 시동이 {걸린다}
and: 진동수의 시동이 {안걸린다}
THEN: > 단선 - Confidence=10/10
and: > 회전자와 고정자 접촉 - Confidence=8/10
and: > 브레이크가 헐겁지 않다 - Confidence=9/10

/* RULE NUMBER: 3
IF: 진동수의 시동이 {걸린다}
and: 전동기에서 진동이 {나온다}
THEN: > 체결볼트의 헐거움 - Confidence=10/10
ELSE: > 베어링의 마모 - Confidence=9/10

/* RULE NUMBER: 4
IF: 전동기에서 진동이 {안나온다}
and: 권선부분의 온도가 {55도 이상이다}

```

```

THEN: > 사용빈도가 심하다 - Confidence=10/10
and: > 전압강하가 심하다 - Confidence=9/10
ELSE: > 부하과대 - Confidence=9/10
and: > 주파수 강하가 심하다 - Confidence=10/10
and: > 배어링의 기름부족 - Confidence=7/10
/* RULE NUMBER: 5
IF: 권선부분의 온도가 {55도 이하이다}
and: 회전수의 상승이 {순조롭다}
THEN: > 정상이다 - Confidence=10/10
/* RULE NUMBER: 6
IF: 회전수의 상승이 {순조롭지 못하다}
and: > 제어가 내의 불꽃이 {정상이다}
THEN: > 사용빈도가 심하다 - Confidence=10/10
and: > 통풍이 나쁘다 - Confidence=9/10
ELSE: > 단자의 느슨함 또는 벗어남 - Confidence=10/10
and: > 저항기내의 그리드 절손 - Confidence=9/10

```

## 첨부 2. 브레이크 부분의 Rule Base

```

① 전동유압상기 브레이크
/* RULE NUMBER: 1
IF: 브레이크의 작동 여부가 {비정상이다}
THEN: > 브레이크 기구에 이상 - Confidence=10/10

```

```

and: > 편회전의 마모가 있다 - Confidence=9/10
/* RULE NUMBER: 2
IF: 브레이크의 작동 여부가 {정상이다}
and: > 동작의 속도가 {늦다}
THEN: > 전압강하가 심하다 - Confidence=10/10
and: > 유량이 불량하다 - Confidence=9/10
and: > 기름점도가 너무 높다 - Confidence=8/10
/* RULE NUMBER: 3
IF: 브레이크의 작동 여부가 {정상이다}
and: > 기계가 온도가 {과열한다}
THEN: > 브레이크 기구에 이상 - Confidence=10/10
and: > 기계적인 이상이다 - Confidence=9/10
/* RULE NUMBER: 4
IF: 동작의 속도가 {정상이다}
and: > 기계가 온도가 {정상이다}
THEN: > 정상이다 - Confidence=10/10

```

## ② 전자브레이크

```

/* RULE NUMBER: 1
IF: 브레이크의 작동여부가 {비정상이다}
THEN: > 철심이 파고든다 - Confidence=10/10
and: > 레버회전이 나쁘다 - Confidence=9/10

```

and: > 잔류자기가 있다 - Confidence=8/10

/\* RULE NUMBER: 2

IF: 브레이크의 작동여부가 {정상이다}

and: > 브레이크의 풀림이 {없다}

THEN: > 코일의 단선이다 - Confidence=10/10

and: > 전압강하가 심하다 - Confidence=9/10

and: > 스트로크의 과대이다 - Confidence=8/10

/\* RULE NUMBER: 3

IF: 브레이크의 풀림이 {있다}

and: > 브레이크 작동시 충격이 {크다}

THEN: > 전압이 너무 높다 - Confidence=8/10

and: > 편 회전의 마모 - Confi-

dence=9/10

and: > 다슈포트의 조정이 필요 - Confidence=10/10

/\* RULE NUMBER: 4

IF: 브레이크 작동시 충격이 {보통이다}

and: 기계가 {과열한다}

THEN: > 전압이 너무 높다 - Confidence=10/10

and: > 코일부분이 단락이다 - Confidence=8/10

and: > 철심의 불완전 흡입 - Confidence=9/10

/\* RULE NUMBER: 5

IF: 브레이크 작동시 충격이 {보통이다}

and: > 기계가 {정상이다}

THEN: > 정상-Confidence=10/10