

# 생산과 안전의 효율화를 위한 Web 기반 지식베이스 진단시스템 구현

## A Study on the Development of a Web Based Knowledge-Based Diagnosis System for Production and Safety Efficiency

이선태\*  
박상민\*\*  
남호기\*\*

### Abstract

To keep enterprise's competitiveness on condition of the automatic manufacturing system such as FA, FMS and CIM, all the maintenance problems should be considered seriously in not only production and maintenance but also related industrial safety. As we analyze in the surveys for the maintenance management of domestic enterprises and the causes of industrial accident, there will be necessity of drawing up countermeasures for prevention of industrial accidents and for ensuring expertise maintenance technologies.

Based on these analyses, this study studied the safety information system, maintenance management information system, and the machinery condition diagnosis technique by using of the knowledge-based system under the internet environment. This web based knowledge-based diagnosis system can easily provide not only the knowledge of expert about deterioration phenomenon of industrial robot, but also the knowledge of relating safety and facility on everywhere, everytime. Therefore, when we use this system, it is expected to improve the efficiency of business processes in the production and safety.

### I. 서론

생산시스템의 자동화가 촉진되면서 대형화되고, 생산관리는 전산화되고, 제품은 다품종 소량생산체제로 변화됨에 따라 빈번한 설비고장으로 생산성저하와 기회손실비용이 증가하고 또한 대형사고가 증가하기 시작하였다. 따라서 시스템의 가변성과 공정의 자동화는 전문화된 보전기술력과 함께 시스템 전체의 안전확보 및 종합적인 안전대책이 절실히 필요하게 되었다.

---

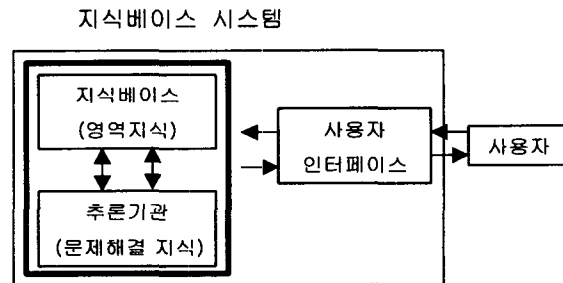
\* 인천대학교 산업공학과 석사과정 \*\* 인천대학교 산업공학과 교수

따라서 본 논문에서는 시스템내의 위험성을 적시에 찾아서 그 예방과 제어에 필요한 안전조치를 도모하기 위해 선행연구로서 제조업의 산업재해 사고원인별 분석과 설비보전 관리의 실태조사분석을 통하여 그 요인을 분석하였다. 이 요인분석을 바탕으로 생산과 안전의 효율화를 위한 하나의 방안으로서 안전정보시스템과 보전관리정보시스템을 구축하고 이를 Web 기반 지식베이스 진단시스템과 연계하여 설비 이상상태에 대하여 신속히 그 결함원인을 찾고, 그와 동시에 안전하고 합리적으로 보수 및 교체하는 조치를 취할 수 있도록 과거중대재해의 사례분석정보, 표준안전작업방법 등의 안전기술정보 및 설비관련정보를 제공하고자 한다.

## II. 지식베이스 시스템의 이론적 고찰

지식베이스 시스템(Knowledge-Based System)이란 인간 전문가의 지식을 컴퓨터라는 도구를 이용하여 재구성하고 이를 토대로 추론(reasoning)하여 정보를 습득하는 시스템이라고 정의할 수 있다. 또한 전문가의 지식과 문제해결과정에서 얻은 경험 등을 체계화하여 컴퓨터에 기억시킴으로서 많은 이용자들이 직접 전문가를 만나지 않고도 지식베이스 시스템을 통해 전문가의 전문지식 및 문제해결 능력을 빌어 어려운 문제를 해결할 수 있도록 하는데 그 의의가 있다고 할 수 있다.

지식베이스 시스템은 <그림 1>과 같이 일반적으로 3가지 기본요소 즉, 지식베이스(knowledge base), 추론기관(inference engine), 사용자와의 인터페이스(user interface)로서 이루어져 있다.



<그림 2> 지식베이스 시스템의 구조

지식표현방법에는 문제의 성격에 따라서 여러 방법이 있으나 그 중에서 생성규칙(production rule) 즉 rule에 의한 지식표현방법(rule-based method)을 많이 사용한다. 인공지능 혹은 지식베이스 시스템에서 rule이란 일반적인 rule의 개념보다 훨씬 좁은 의미의 용어로서 주어진 상황을 위한 권고, 지시, 전략을 나타내는 정형화된 표현방법이다. 또한 rule은 IF(condition)-THEN(action)의 문장형식을 가지고 표현된다.

추론기법에는 전향추론(forward inference), 후향추론(backward inference) 및 혼합형 추론(hybrid inference)기법 등이 있고, Confidence factor는 일종의 신뢰정도를 표시하는 방법으로서 confidence factor는 전체의 합이 항상 1일 필요는 없고, 0에서 10 시스

템이 많이 쓰이는 Confidence factor의 결정방법중 하나이다. 진단분야의 지식베이스 시스템은 시스템 혹은 기계에서 잘못된 기능(malfunction)이 유발될 수 있는 가능성의 원인을 추론하기 위하여 관계된 지식, 혹은 상황 기술이나, 행위특성 등을 사용한다.

### Ⅲ. 지식베이스 시스템구축을 위한 선행연구

#### 3.1 설비관리 실태조사분석

사업장의 보전관리단계는 아직도 사후보전 단계를 벗어나지 못하고 있는 사업장이 29.0%나 되고, 보전관리기술이 부족하고, 보전인력의 양적·질적 부족의 영향으로 고장 증가, 보전계획의 지연, 보전품질저하, 보전비 증가, 근무의욕 저하 등이 나타났다. 그러므로 돌발적으로 발생하는 설비고장을 적극적으로 미리 방지하는 활동을 통해 휴지손실과 보전비용 증대를 막기 위한 장·단기 대책활동이 요구된다고 하겠다. 또한 불안전행동으로 인한 재해가 59.7%로 가장 많았고, 설비 불안전상태와 작업자의 불안전행위의 복합재해가 35.5%로 나타나 작업자의 불안전한 행동이 95.2%에 해당하는 대부분의 재해에 대한 직·간접적인 원인으로 나타나 이에 대한 적절한 대책이 필요하다.

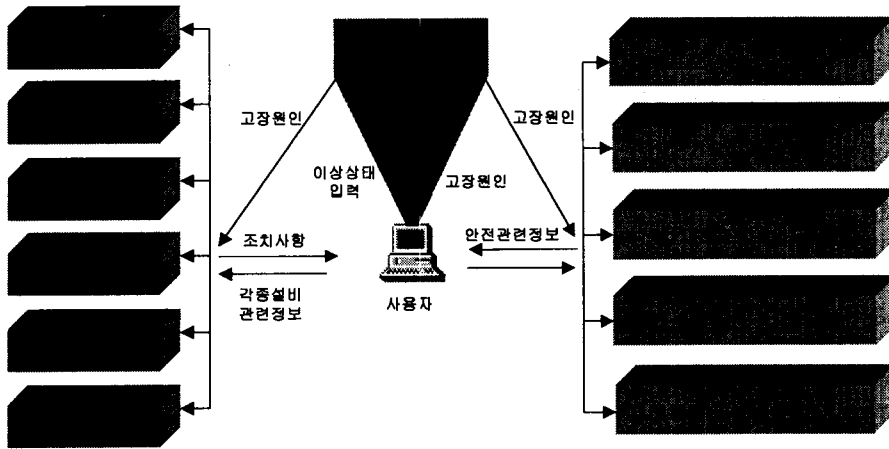
#### 3.2 제조업의 산업재해 사고원인별 분석

대부분 재해발생요인은 공정위험성을 분석해 설비성능을 확보하고, 시설의 보수·유지관리, 안전작업 및 안전운전계획서 수립, 근로자 안전교육 및 안전·훈련 실시, 작업변경관리, 안전작업 허가제도 실시 등이 적절하게 이루어지지 못했기 때문이다. 따라서 기계·기구·설비 및 공정기술, 원재료·제품 등에 관한 안전정보를 확보한 후 체계화하여 교육 등 안전정보자료 확보 및 활용을 강화하고 안전작업 및 표준안전운전 절차서를 작성한 후에 작업이 실시되도록 한다. 또한 예방정비 등 기계적 안전성을 확보하고 각 공정별 위험요소를 파악해 각종 교육 및 안전대책에 활용해야 할 것이다.

### Ⅳ. Web기반 지식베이스 진단시스템 구현사례

제3장의 선행연구 분석결과 생산과 안전의 효율화를 위해서는 설비의 대형화, 연속화, 자동화, 설비보전비용의 상승 및 보전인력의 부족현상 등 여러 문제와 설비보전데이터를 일관성 있게 유지·관리할 수 있는 효율적인 보전정보시스템이 요구된다. 또한 안전관리 측면에서 작업과정에서 안전을 실천하는데 구체적 작업상황을 충분히 반영하지 못하고 있으며, 효과적 안전관리를 위해서는 관리대상 전체에 대한 각종 안전정보가 제공되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 구체적 작업상황에 필요한 정보를 제공하기 위해 설비이상징후의 원인정보와 함께 그와 관련된 안전기술정보를 제공하고자 <

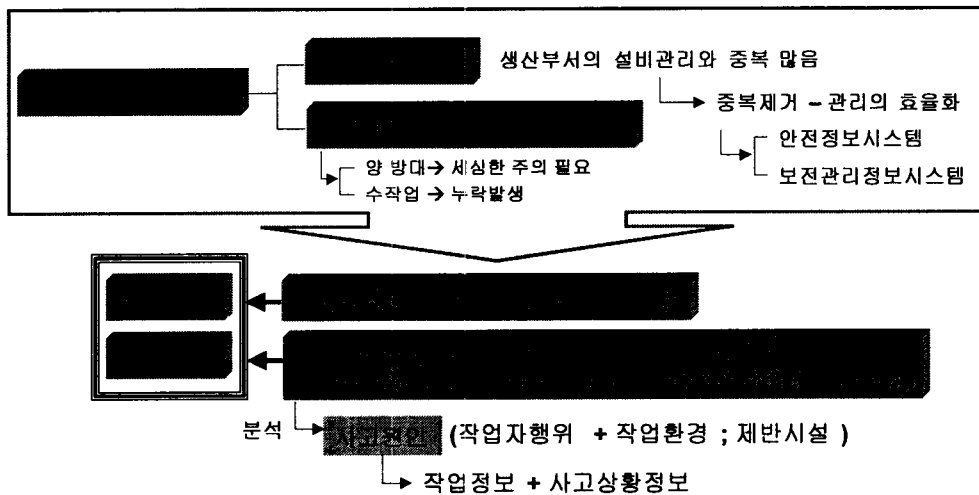
그림 2>와 같이 보전관리정보시스템과 안전정보시스템 및 Web기반 지식베이스 진단 시스템을 연계하여 활용할 수 있도록 하였다.



<그림 2> 보전정보시스템과 안전정보시스템 및 지식베이스 진단시스템의 정보흐름도

#### 4.1 안전정보시스템(SIS)의 구축

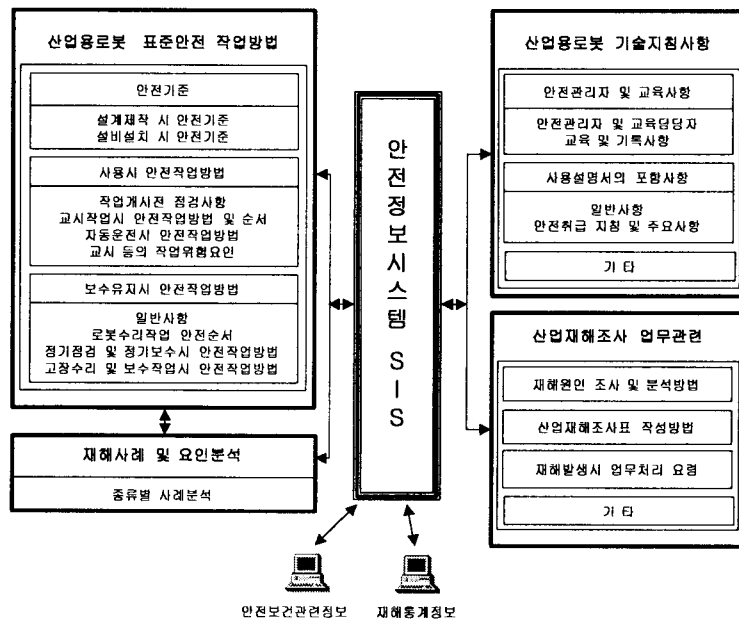
필요한 내용에 바로 접근할 수 있는 안전 정보원은 아직 거의 존재하지 않고 현장상황을 효과적으로 관리하기 위해서는 작업과정과 연계된 정보제공이 필요하며, 구체적인 작업상황에 필요한 정보만을 적시에 쉽게 참조할 수 있어야 한다. 즉, 기존의 안전정보를 구조화, 조직화하여 DB에 저장하고 검색함으로써 안전정보 중에서 필요한 정보만이 조합된 지식의 형태로 참조할 수 있으며, 정보의 중복저장도 최소화할 수 있다. 안전정보시스템을 구축하는데 있어서 중점사항들을 요약하면 <그림 3>과 같다. 안전업무에서



<그림 3> 안전정보시스템 구축시 중점사항

생산부서의 설비관리업무와 중복되는 부분을 생략하여 관리의 효율화를 꾀하고자 안전 정보와 사고정보를 두 축으로 안전정보시스템을 구축하고자 한다.

본 연구에서 안전정보시스템은 <그림 4>와 같이 산업용 로봇과 관련하여 관련재해 사례를 로봇형태별로 분류하여 그 요인을 분석할 수 있는 재해사례 및 요인분석모듈, 표준안전작업방법모듈과 기술지침사항에 관한 모듈 그리고 재해원인조사 및 분석방법, 산업재해조사표 작성방법, 재해발생시 업무처리 요령 등에 관한 산업재해조사 업무관련 모듈로 구성한다. 또한 안전보건법 관련과 산업재해통계 자료 등에 관해서는 관련 사이트로 하이퍼 링크시켜 언제든지 쉽게 참조할 수 있도록 하였다.



<그림 4> 안전정보시스템의 구성도

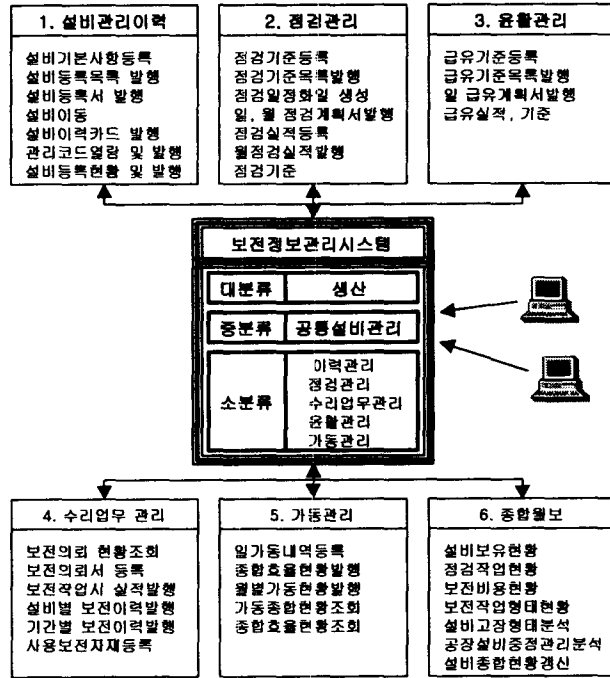
구현사례를 보면 <그림 5>와 같이 좌측의 안전정보시스템 메인화면의 트리구조에서 원하는 정보를 선택하면 우측과 같이 검색한 정보를 볼 수 있다.



<그림 5> 안전정보시스템의 메인화면 및 정보검색화면

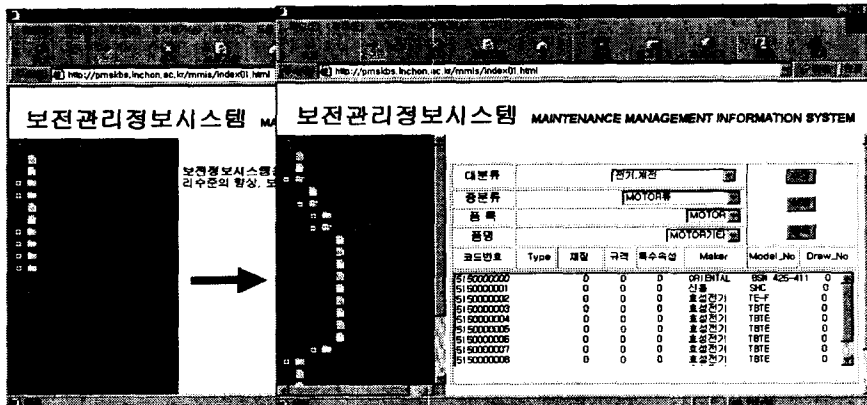
## 4.2 보전관리정보시스템(MMIS)의 구축

설비보전관리정보시스템은 <그림 6>과 같이 설비이력관리, 점검관리, 윤활관리, 수리업무관리, 가동관리, 종합일보의 6개 모듈로 구성되고, 설비이상 발생 시 경우 보전정보베이스를 이용하여 해당 설비에 대한 관련자료를 제공하므로써 이상상태에 대한 조치를 효과적으로 취할 수 있다.



<그림 6> 보전정보시스템의 구성도

'설비이력관리'의 검색사례를 살펴보면 <그림 7>의 좌측 메인화면에서 먼저 '대분류'의 '전기·계전'을 선택하고, 'MOTOR'를 선택해서 나온 결과화면은 우측과 같다.



<그림 7> 보전관리정보시스템의 메인화면 및 검색화면

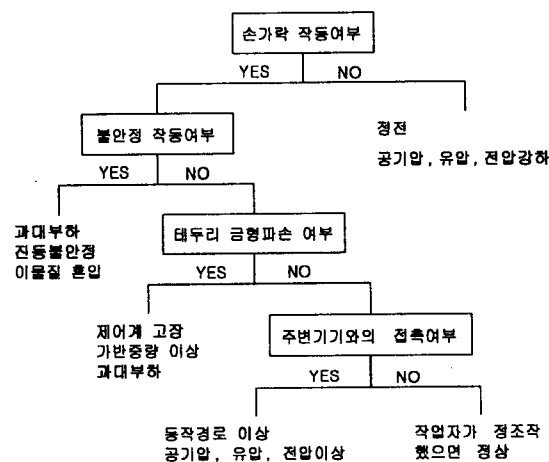
### 4.3 Web기반 지식베이스 진단시스템의 구현

#### 4.3.1 산업용 로봇(industrial robot)의 개요

산업용 로봇의 많은 장점 때문에 사용이 급격히 증가함에 따라 부수적으로 발생하는 심각한 안전문제가 대두되기 시작하였다. 로봇이 정상작업 중에는 사람이 가까이 갈 필요가 없지만 로봇을 설치, 시운전, 교시, 조정, 유지, 보수를 위해서는 로봇 가까이 사람이 존재하게 되어 로봇과 자연스럽게 또는 우발적으로 접촉하게 된다. 이렇듯 로봇은 큰 에너지를 가지고 있고, 빠른 운동부위가 있으며 운동을 예측하기 힘들고 재래의 다른 기계보다 운동영역이 크므로 소위 이상적인 사고의 조건을 가지게 된다. 하지만 로봇 안전문제는 새로운 센서개발 등의 고도의 기술보다는 기본적인 안전규칙에 의해 대부분의 예방이 가능하다.

#### 4.3.2 지식베이스를 이용한 설비진단시스템 사례

본 연구는 산업용 로봇의 이상현상에 대해 신속하게 고장증상을 파악하고 고장원인정보를 제공해 줄뿐만 아니라 설비관리에 필요한 정보 및 관련 안전정보까지 제공할 수 있는 Web 기반 지식베이스 진단시스템을 개발하였으며 고장징후와 원인 IF-THEN의 생성규칙(production rule)방식을 사용하였다. 추론방법은 전향추론(forward chaining)방법을 사용하였으며 산업용 로봇의 전문적인 지식이 없는 사람이라도 질문에 응답해 나가면서 고장증상을 파악하고 이에 대한 고장원인을 쉽고 신속하게 찾아낼 수 있으며 동시에 로봇안전작업방법 등 안전관련정보 및 설비정보까지 습득할 수 있다. 산업용 로봇의 손가락부분 고장징후와 원인에 대해 <그림 8>에 Decision Tree를 작성하였다.

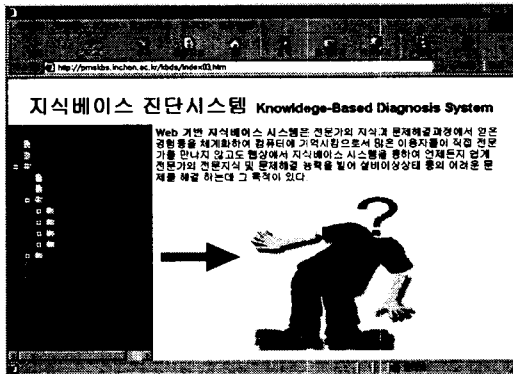


<그림 8> 산업용 로봇 손가락부분의 Decision Tree

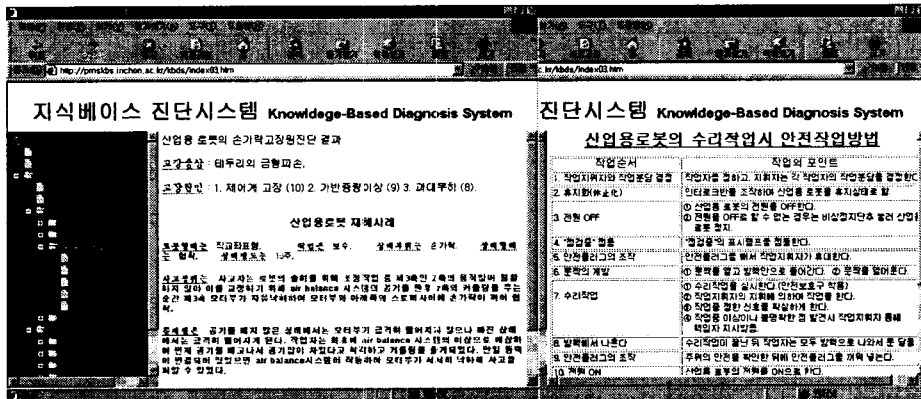
로봇 손가락부분의 rule base를 살펴보면 모든 IF와 THEN은 하나의 사실로 간주되

며 사용자의 선택을 통해서 추론이 이루어진다. 추론을 통해 나온 원인정보에 대해 각각 confidence factor를 주어서 문제해결을 하는데 용이하도록 하였다.

Web기반 지식베이스 진단시스템에서 직교좌표로봇의 핸드부분 이상진단을 하는 추론과정을 살펴보면 <그림 9>의 좌측 메인화면에서 진단하고자 하는 것을 선택하면 우측화면에 진단화면이 나타나는데 질문에 대해 응답을 yes와 no로 선택을 하면 고장증상에 대한 고장원인을 확신도 값에 따라 나타내고, 그와 함께 관련 로봇의 과거제해사례 분석정보를 볼 수가 있으며 로봇의 수리작업시의 안전작업방법에 대해서도 <그림 10>과 같이 볼 수가 있다.



<그림 9> 지식베이스 시스템의 메인화면 및 진단추론화면



<그림 10> 산업용로봇 핸드부분 고장원진단 결과화면

## V. 결론 및 추후연구과제

시스템의 자동화, 연속화, 대형화 등의 생산환경의 변화에 따라 시스템 전체의 안전 확보가 요구되는 반면 종합적인 안전대책이 절실히 필요하게 되었고, 위험을 제거하거나 또는 통제하여 시스템의 잠재적 손실을 감소시키고 잠재적인 상해, 사망을 그리고



시스템에 연관된 설비에 대한 잠재적인 피해를 수용할 만한 수준으로 감소시키는 것이 필요하다. 이러한 관점에서 본 연구는 국내 제조업의 설비보전관리 실태조사분석과 국내 제조업의 산업재해 사고원인별 분석을 하여 이를 바탕으로 생산과 안전의 효율화를 위한 한 방안으로서 보전정보시스템과 안전정보시스템을 연계하여 설비이상상태에 대한 고장원인 등의 전문적인 기술적 지식을 web기반 지식베이스 진단시스템으로 구축을 하였다. 진단대상설비는 자동화가 촉진되면서 생산현장에서 사용이 점차 증가하고 있는 산업용 로봇(industrial robot)을 대상으로 하였으며 이상이 발생하는 경우 작업자가 단순한 입력만으로 쉽게 고장의 원인을 분석해 내고 그와 관련한 안전정보 및 설비관련정보를 습득할 수 있도록 하였다.

주요 기대효과를 살펴보면 전문지식이 없는 사람이라도 전문가와 같이 문제를 해결할 수 있으므로 보전전문가의 부족현장을 해소하고 진단순서의 표준화 방안이 마련되었다. 특히 기존의 로컬(local)한 환경 하에서는 소수의 인원만이 시스템을 이용할 수 있었으나 Web상으로 영역을 확대하여 다수의 이용자들이 손쉽게 원하는 정보만을 획득할 수 있으므로 설비가동 중 이상징후 발견시 신속한 안전보전조치, 설비효율화의 유효한 활용이 가능해질 것이다. 이와 함께 안전정보시스템과 보전관리정보시스템을 연계하여 과거의 중대재해의 사례분석과 그에 대한 적절한 대책 그리고 표준작업안전방법 등의 안전기술정보 및 설비관련정보를 웹에서 실시간으로 필요한 정보만을 언제든지 손쉽게 습득할 수 있을 것이다. 특별한 소프트웨어가 필요하지 않아 별도의 시스템 구축비용이 들지 않고 보전관리 및 안전관련 정보 등을 각각 구분하여 저장된 보전정보시스템과 안전정보시스템에 Web상으로 접근하여 다수의 이용자가 손쉽게 실시간으로 필요한 정보만을 획득할 수 있으므로 생산과 안전의 측면에서 업무의 효율화를 기할 수 있으리라 생각한다.

산업용 로봇은 그 종류 및 용도가 많고 로봇업체에 따라 구조도 달라 기종별로 보전내용을 설정할 필요가 있으나 여기에서는 공통된 부분을 대표적 예로 들고, 또 범위도 손가락부분으로 한정하였다. 따라서 불확실성을 지닌 설비이상상태에 대한 문제해결을 위해 계속적으로 산업용 로봇의 전체 및 그 밖의 위험설비에 대해서도 진단시스템 구축 연구가 필요하다. 또한 인간행동에 대한 신뢰성 데이터가 절대적으로 부족한 현실에서 앞으로 로봇 작업안전의 전체적인 평가자료로서 보수 등의 위험성 분석 및 평가를 할 수 있도록 안전정보시스템에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

## VI. 참고문헌

1. KMAC/한국설비관리협회, "TPM 설비관리 대백과사전", 1996.
2. 김병석, "생산성향상을 위한 안전관리 체계화에 관한 연구", 명지대학교, 박사학위논문, 1997.
3. 김병석, "신 산업안전관리", 형설출판사, 1998.
4. 김병석, "신 산업재해방지론", 형설출판사, 1998.

5. 김병석, 나승훈, “시스템 안전공학”, 형설출판사, 1999.
6. 김병석, 송수정, “산업용 로봇의 손가락고장 진단시스템 개발에 관한 연구”, 한국산업안전학회, 제10권, 제3호, 1995.
7. 김용준, “인트라넷 환경하에서의 신뢰성 정보시스템의 개발 및 구현”, 인천대학교, 석사학위논문, 1999.
8. 김주안, “효율적인 프로젝트 관리를 위한 지식베이스 시스템 구축에 관한 연구”, 전북대학교, 박사학위논문, 1994.
9. 김화수 외2인, 전문가시스템, 집문당, 1995.
10. 나승훈, 김병석, 강경식, “설비의 안전성 확보를 위한 지식베이스 CBT시스템 구축에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, 제10권, 제3호, 1995.
11. 박소부, “국내 제조업체 설비관리 실태조사보고서”, KMAC, 1988, 11.
12. 박주식, “고장진단을 위한 퍼지 전문가 시스템의 개발”, 인천대학교, 석사학위논문, 1998.
13. 손형주, “System 안전을 통한 제품안전 확보 방안에 관한 연구”, 성균관대학교, 석사학위논문, 1997.
14. 송원섭, “생산효율화를 위한 설비보전관리 지원시스템에 관한 연구”, 전북대학교 대학원, 박사학위논문, 1997.
15. 이윤배, “전문가 시스템”, 홍릉과학 출판사, 1993.
16. 주병진·남대우 역, “Beginning Active Server Page 2.0”, 정보문화사, 1999
17. 최승영, 김선호, “지식베이스를 이용한 천장크레인의 전기고장 진단 및 처방시스템 개발”, 대한산업공학회, 제20권, 제1호, 1994.
18. 한국산업안전공단, “제조업종의 위험성평가 제도 도입에 관한 연구”, 1997.
19. 한국산업안전공단, “로봇안전 시스템 설계에 관한 연구”, 1992.
20. 한국산업안전공단, “건설현장의 유동성 대응을 위한 안전정보시스템 실용화 연구”. 1994.
21. 한국산업안전공단, “안전정보시스템 개발 I·II”, 1996
22. Baur and Pigford, Expert Systems For Business-Concepts and Applications, Boyd and Fraser Publishing Company, pp. 20. 1990,
23. Ben-Zion Sandler, “Robotics Designing the Mechanisms or Automated Machinery”. 1991.
24. Carlsson, J., Harms-Ringdahl, L. and Kjellon, U., 1979, Industrial Robots and Accidents at Work, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
25. Feigenbaum, E. A., Expert Systems In The 1980's, In A. Bond(ed.), Machine Intelligence, Infotech State Of The Art Report, Series 9. No. 3., Pergamon Infoech Limited, 1981.
26. Forlenza, D. “Computer-Based Training-Advancing the Quest for Knowledge”, Professional Safety, ASSE, May 1995, pp. 28-29.
27. Harmon, P. and D. King, Expert Systems : Artificial Intelligence In Business,

- John Wiley and Sons, 1985, pp. 2-5.
28. Hayes-Roth, F., "Rule-Bsed Systems," *Communications Of The ACM*, Vol. 28, No. 9, 1985, pp. 921-932.
  29. Hayes-Roth, F., Waterman, D. A. and Lenat, D. B., "An Overview Of Expert System," in *Building Expert System*, Addison-Wesley, 1983, pp. 127-167.
  30. Maurice C. Bonney and Dr. Y. F. Yong, "Robot Safety", 1985.
  31. Japan Ministry of Labor, 1983, Study of Accident of Involving Robots., Report PB83239822., National Technical Information Center, pringfield, VA, USA.
  32. James H. Graham, Ph. D., P. E., "Safety, Reliability, and Human Factors in Robotics Systems", 1991.
  33. Jiang, B.C. and Gainer, C.A. Jr., 1987, A Cause and Effect Analysis of Robot Accidents, *J. Occup. Accid.*, 9: pp. 27-45.
  34. Johnson, P. E., "What Kind Of Expert Should A System Be?", "The Journal Of Medicine and Philosophy, Vol. 8, 1983., pp. 77-79.
  35. Krause, B. D., A Computer assisted maintenance management system., *Maintenance Management International*, 4, 1984, pp. 181-192.
  36. Nagamachi, M., 1986, Human Factors of Industrial Robots and Robot Safety Management in Japan, *Appl. Ergon*, 17: pp. 9-18.
  37. Ross, C. W., *Computer System for Occupational Safety and Health Management*, 2nd ed. Marcel Decker, Inc. NewYork, 1991.
  38. Shannon, R. E., R. Mayer, and H. H. Aldersberger, "Expert Systems and Simulation," *Simulation*, June 1985, pp. 275-276.
  39. Smit. K., Interactive computer systems for maintenance management., *Maintenance Management International*, 7, 1983, pp. 7-15.