

## 실시간 설비/안전정보관리시스템의 전문가시스템 구현방안에 관한 연구

- A Study on the Development of a Expert-System through a  
Real-Time Combination of MMIS and SIS -

박주식\*

Park, Joo-Sic\*

임충규\*

Lim, Chong-Gyu\*

오지영\*

Oh, Ji-Yong\*

강경식\*\*

Kang, Kyong-Sik\*\*

### Abstract

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

Based on these analyses, the safety information system, maintenance management information system, and the machinery condition diagnosis technique are studied by using of the knowledge-based system under the real-time computer-operating environment and using fuzzy linguistic variable. This computer system based knowledge-based diagnosis can easily provide not only the knowledge of expert system about deterioration phenomenon of industrial robots, but also the knowledge of relating safety and facility all the time. Therefore, it is expected to improve the efficiency of business processes in the production and safety when we use this system.

---

\* 명지대학교 산업공학과 박사과정

\*\* 명지대학교 산업공학과 교수

## 1. 서론

첨단산업시대로 접어들면서 오늘날 산업설비들은 자동화 및 복잡화 되어가고 있는 추세이다. 이에 따라 자동화 설비는 가동시에 발생하는 고장이 비교적 적은 반면에 고장의 파급효과는 그 어느 때 보다 높은 것으로 나타나고 있다. 기업의 생산성 향상과 그로 인한 경쟁력 제고를 위해 도입되는 각종 자동화 설비들은 그 성능이 정교화된 만큼 복잡하고 다양한 기술로서 이루어져 있다. 그러나 아무리 좋은 기술로 만들어진 설비라도 사용되어 감에 따라 그 성능은 열화되어 결국 고장과 수리를 반복하면서 그 일생을 마치게 된다.

따라서 설비가 폐기되기 전까지 사용목적에 알맞게 가동될 수 있도록 설비의 성능을 유지시켜주기 위해서는 설비의 성능만큼 고도화된 보전기술이 필요하게 된다. 특히, 무인화를 지향하는 진보된 공장에서의 설비고장은 공장전체의 가동이 중지될 수도 있는 심각한 상황을 내포하고 있다. 그러므로 미래지향적인 공장일수록 효과적인 예방보전정책을 도입하여야 하며, 또한 이 정책을 실현할 기능을 갖춘 보전시스템에 대한 연구는 반드시 필요하다 하겠다.

본 연구는 기존 off-line방식의 정보시스템연구를 퍼지전문가 시스템과 설비상태를 실시간 정보를 통하여 생산과 안전의 효율화를 위한 방안으로서 실시간 안전정보시스템과 보전관리정보시스템을 구축하고 이를 컴퓨터 기반 지식베이스 진단시스템과 연계하여 설비 이상상태에 대하여 신속히 그 결함원인을 찾는다. 그와 동시에 안전하고 합리적으로 보수 및 교체하는 조치를 취할 수 있도록 실시간 적으로 과거중대재해의 사례분석정보, 표준안전작업방법 등의 안전기술정보 및 설비관련정보를 제공하고자 한다. 이러한 정보를 찾기 위해 부품의 특성에 맞는 고장 기준을 설정하여 사례기반 퍼지(Fuzzy) 언어변수로 변환하여 고장진단을 실시하는 것이 보다 정확하게 표현할 수가 있을 것이다.

본 연구의 사례연구는 산업용로봇으로 하였고, 이러한 지식베이스 진단시스템을 컴퓨터 DB를 구축하고 실시간 적으로 정보를 얻기 위해 로봇의 관절부위에 온도감시 센서를 장착하여 진단 데이터베이스에 저장하도록 설계하였다. 데이터베이스 Tool은 Dbase III+, Clipper 87, Visual BASIC 6.0과 Delphi 5.0으로 구성하였고, 이를 이용해서 기존의 자체검사와 같은 일반적인 단순한 모듈로 구성된 것을 각 작업과정과 연계된 구체적 작업상황에 필요한 정보를 제공해 주기 위한 SIS(Safety Information System) 모듈을 구축하고, MMIS(Maintenance Management Information System) 모듈을 이용하였다.

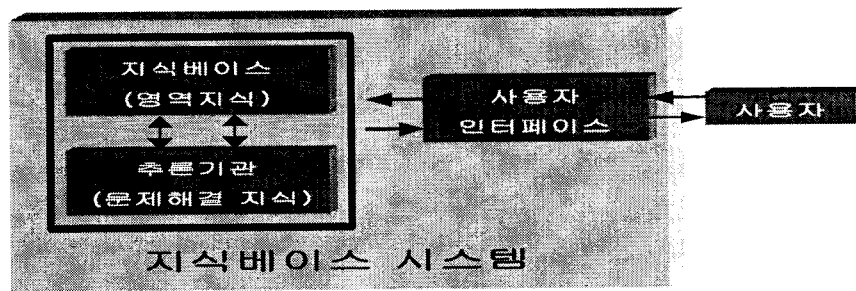
## 2. 전문가시스템의 이론적 고찰

### 2.1 지식베이스에 의한 전문가시스템

지식베이스 시스템(Knowledge-Based System)이란 인간 전문가의 지식을 컴퓨터라는 도구를 이용하여 재구성하고 이를 토대로 추론(reasoning)하여 정보를 습득하는 시

시스템이라고 정의할 수 있다. 또한 많은 이용자들이 직접 전문가를 만나지 않고도 지식 베이스 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.

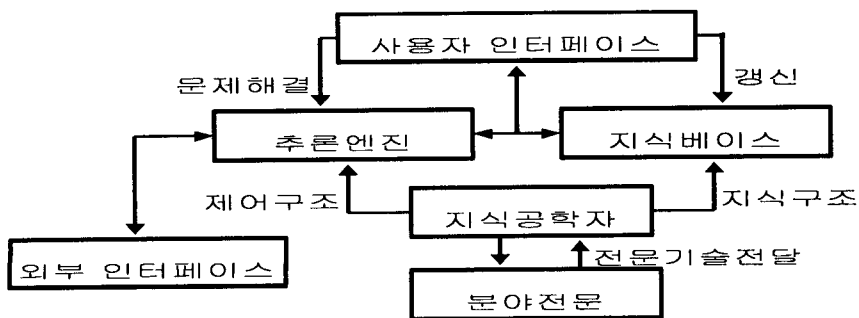
지식표현방법에는 여러 방법이 있으나 rule에 의한 지식표현방법(rule-based method)을 많이 사용한다. 추론기법에는 전향추론(forward inference), 후향추론(backward inference) 및 혼합형추론(hybrid inference)기법이 있고, Confidence factor는 일종의 신뢰정도를 표시하는 방법으로서 전체의 합이 항상 1일 필요는 없고, 0에서 10 시스템이 많이 쓰이는 Confidence factor의 결정방법중 하나이다. 진단분야의 지식 베이스 시스템은 기계에서 잘못된 기능(malfunction)이 유발될 수 있는 가능성의 원인을 추론하기 위하여 관계된 지식, 혹은 상황기술이나, 행위특성 등을 사용한다.



<그림 1> 지식베이스에 의한 전문가시스템 구조

## 2.2 사례기반추론에 의한 전문가시스템

전문가는 특정분야의 문제를 해결하기 위해 풍부한 경험을 하게 되고 이 경험을 바탕으로 관련분야의 지식이 축적된다. 축적된 이 지식은 유사한 문제가 발생했을 때 전문가로 하여금 과거의 경험을 통해 빠르고 쉽게 주어진 문제를 해결할 수 있도록 한다.



<그림 2> 사례기반에 의한 전문가시스템 구조

사례기반추론 시스템에서 사례의 구조는 문제를 설명하는 내용과 그 문제의 해로서 나누어진다. <그림 2>에서와 같이 기억하고 있는 경험 그대로 문제와 그 해를 동시에 저장하여 두고, 새로운 문제가 발생하면 저장된 사례에 적용시켜 문제를 해결하는 사례기반추론 기법은 크게 유사사례 추출 과정, 사례적용과정, 제안된 해의 검증과정, 설명과정으로 나눌 수 있는데, 각 단계를 거쳐 유효한 해가 나타나면 추론이 성공한 것으로서, 나타난 해를 사용자에게 제시한다. 이때 이 해가 만일 새로운 해라면 사례베이스에 저장한다. 또한 추론이 실패하면 추론규칙에 의해 제안된 해를 수정할 수 있다. 물론 어떠한 경우에도 실패사례는 존재할 수 있다.

### 2.3 퍼지이론에 의한 전문가시스템

전문가시스템에서는 전문가의 지식을 이용하여 추론함으로써 사람의 판단과 유사한 결과를 나타내고자 한다. 그러나 전문가가 다루는 지식 중에는 불완전하고 부정확하여 논리적 추론을 적용하기에 부적당한 경우가 많다. 예를 들어 좋다, 나쁘다, 크다, 작다 등은 기준이 애매하여 수량화하기에 어려움이 많다. 실세계에 있어서 이와 같은 불확실성이 발생하는 상황은 매우 많이 볼 수 있다. 이처럼 불완전하고 불확실한 상황에 대한 지식을 일반화 또는 근사치 화시켜 추론이 가능하도록 할 수 있는 방법에는 Bayesian approach, Decision table and tree, Fuzzy theory 등의 방법이 이용된다.

특히, 퍼지이론은 1965년 Zadeh에 의해 제안되어 불확실한 실세계의 상황을 다루는 다양한 분야에서 성공적으로 사용되고 있다. 불확실성을 다루는 퍼지이론 중에서 언어적 변수(linguistic variable)는 퍼지집합(fuzzy set)과 확률(probability)개념에 의해 다루어 질 수 있다.

퍼지집합은 인간의 언어변수에 대한 언어값(linguistic value)과 이 언어값이 차지하는 정도를 0과 1 사이의 실수값으로 표현한 귀속도(membership grade)를 다룬다.

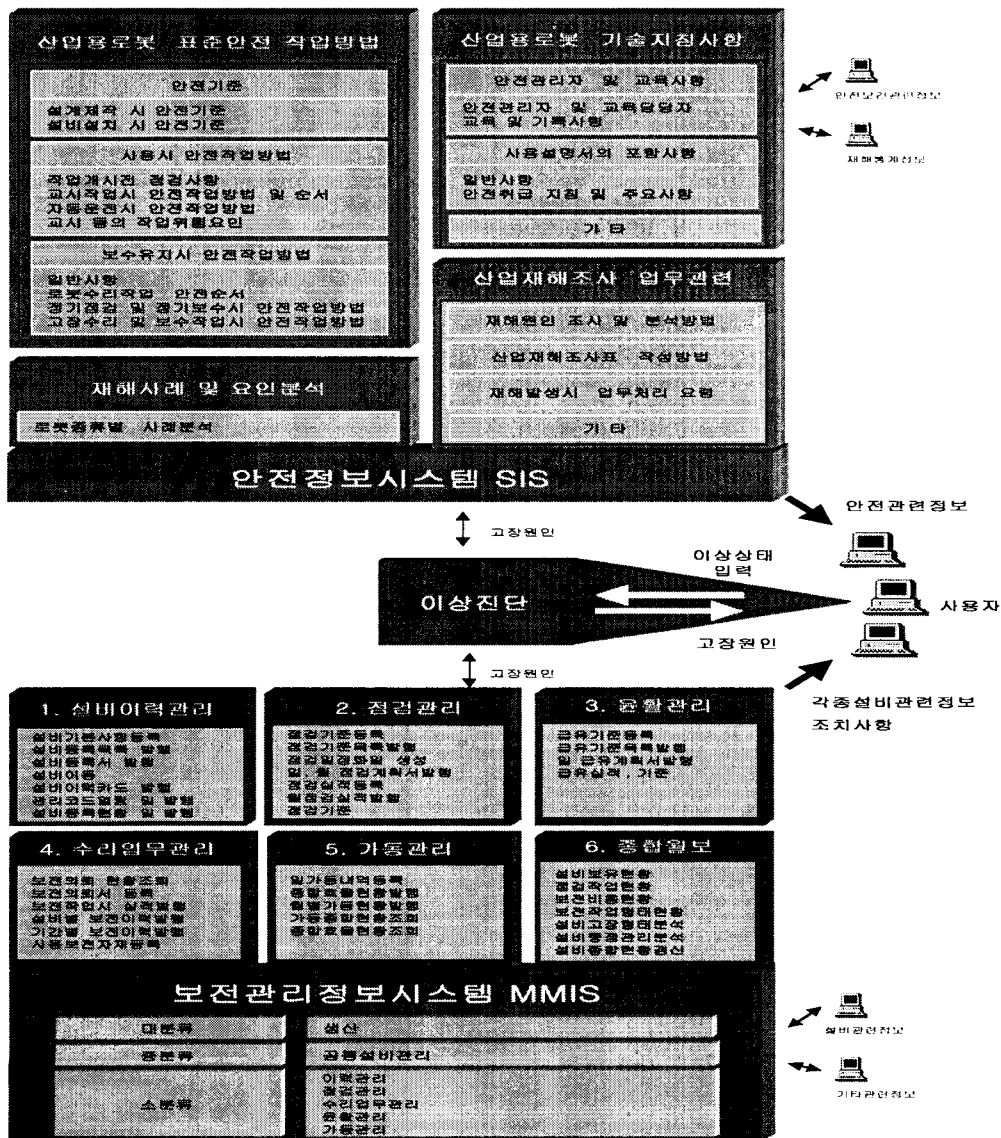
## 3. 전문가시스템에 의한 진단시스템 구현사례

생산과 안전의 효율화를 위해서는 설비보전비용의 상승, 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 설비이상현상의 원인정보와 함께 관련된 안전기술정보를 제공하고자 보전관리정보시스템과 안전정보시스템 및 컴퓨터기반 지식베이스 진단시스템을 연계하여 활용할 수 있도록 한다.

### 3.1 안전정보시스템(SIS)의 구축

필요한 내용에 바로 접근할 수 있는 안전 정보원은 아직 거의 존재하지 않고 현장

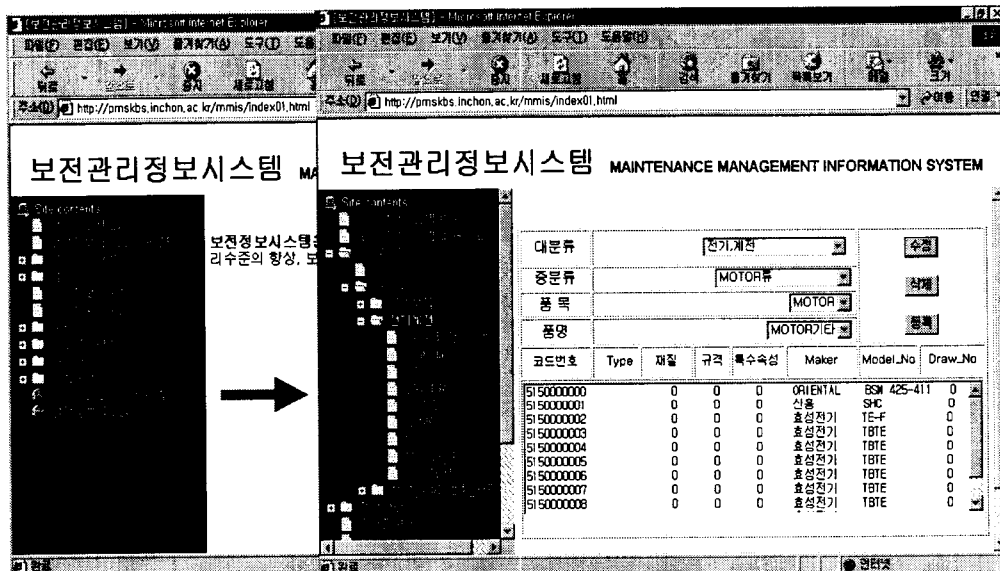
상황을 효과적으로 관리하기 위해서는 작업과정과 연계된 정보제공이 필요하며, 구체적인 작업상황에 필요한 정보만을 적시에 쉽게 참조할 수 있어야 한다. 즉, 기존의 안전정보를 구조화, 조직화하여 DB에 저장하고 검색함으로써 안전정보 중에서 필요한 정보만이 조합된 지식의 형태로 참조할 수 있으며, 정보의 중복저장도 최소화할 수 있다. 안전정보시스템을 구축하는 정보흐름도는 <그림 3>과 같다. 안전업무에서 생산부서의 설비관리업무와 중복되는 부분을 생략하여 관리의 효율화를 꾀하고자 안전정보와 사고정보를 두 축으로 안전정보시스템을 구축하고자 한다.



<그림 3> SIS와 MMIS 및 지식베이스 진단시스템의 정보흐름도

본 연구에서 안전정보시스템의 구성은 <그림 3>과 같이 산업용 로봇과 관련하여 관련재해사례를 로봇형태별로 분류하여 그 요인을 분석할 수 있는 재해사례 및 요인분석모듈, 표준안전작업방법모듈과 기술지침사항에 관한 모듈 그리고 재해원인조사 및 분석방법, 산업재해조사표 작성방법, 재해 발생시 업무처리 요령 등에 관한 산업재해조사 업무관련 모듈로 구성한다.

### 3.2 보전관리정보시스템(MMIS)의 구축



<그림 4> 보전관리정보시스템의 메인화면 및 검색화면

보전관리정보시스템은 <그림 3>과 같이 설비이력관리, 점검관리, 윤활관리, 수리업무관리, 가동관리, 종합월보의 6개 모듈로 구성된다. 설비이상 발생 시 해당 정보베이스를 이용하여 해당 설비에 대한 관련자료를 제공함으로써 이상상태에 대한 조치를 효과적으로 취할 수 있다. '설비이력관리'의 검색사례를 살펴보면 <그림 4>의 좌측 주화면에서 먼저 '대분류'의 '전기·계전'을 선택하고, 'MOTOR'를 선택해서 나온 결과화면은 우측과 같다.

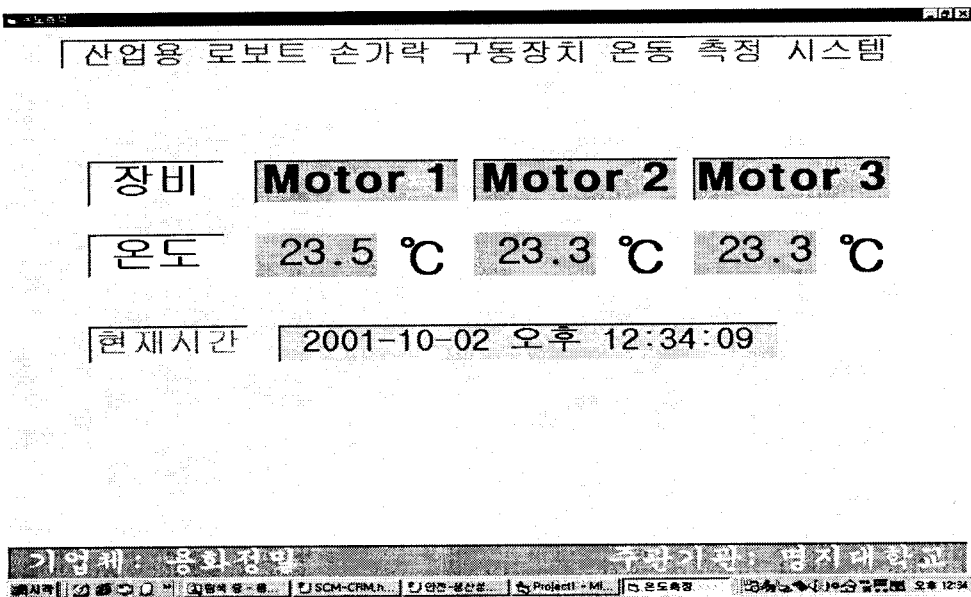
### 3.3 실시간 정보시스템(MMIS)의 구축

컴퓨터에 의한 생산시스템의 통합화와 on-line network화에 따라 자동화된 설비고장 진단 방법이 요구되어지고 있다. 기계나 설비의 가동시 발생하는 소음, 진동, 열등을 측정하여 기계, 설비의 상태를 감시하는 기법들이 있는데, 기계설비에 각종 센서를 부착하여 실시간 적으로 수집된 출력신호를 이용하여 기계설비를 on-line으로 감시하는 여러 가지 모니터링기법들이 제시되고 있다.

각 센서에서 출력되는 신호는 작은 전류 또는 전압형태로서 이것을 높은 전압의 형태로 전환시키는 신호증폭기를 거친다. 이때 미세하게 잡음신호를 걸러내는 filtering 작업을 한다. 신호증폭기를 통해 나온 신호를 모니터링이나 관리자에게 정보를 표현하기 위해 A/D 컨버팅을 한다. 이것은 converter의 능력에 따라 아주 세분화 된 정보까지 표현할 수가 있다. 예를 들어, 온도를 측정하는 모니터링 시스템을 보에서 최대 온도 감지능력을 0℃에서 100℃까지 할 수 있는 센서가 있다고 한다. 필터링과 신호증폭을 통해서 DC 0V에서 10V 까지 증폭을 했다. 즉. 0V는 0℃가 되고 10V는 100℃로 되는 것이다. 이때 모니터링으로 이러한 정보를 표현할 때 실제 온도 값을 표현하기 위해 A/D converting을 하는 것이다. 그래서, 12비트를 처리할 수 있는 converter는 최대 4096단계의 분해능력이 있고, 이것을 신호증폭기와 같이 퍼지언어 변수와 실제온도를 표현하면 <표 1>와 같이 되고, <그림 5>는 실시간 정보를 얻기 위한 온도측정 화면이다.

<표 1> 신호 증폭값, A/D 분해값, 퍼지언어 변수와 실제온도 관계

단계	신호증폭기(V)	AD converting 분해값	퍼지언어 변수	실제온도(℃)
1	0	0	undefined	0
2	2.5	1024	low	25
3	5	2048	medium	50
4	7.5	3072	high	75
5	10	4096	unknown	100



<그림 5> 로봇의 손가락구동 MOTOR의 실시간 온도측정화면

#### 4. 결론 및 추후 연구과제

시스템의 자동화, 연속생산화, 대형화 등의 생산환경의 변화에 따라 시스템 전체의 안전확보가 요구되는 반면 종합적인 안전대책이 절실히 필요하게 되었다. 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 실시간 지식베이스 진단시스템으로 구축을 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 실시간 on-line상으로 영역을 확대하여 다수의 이용자들이 손쉽게 원하는 정보만을 획득할 수 있으므로 설비가동 중 이상징후 발견시 신속한 안전보전조치, 설비 효율화의 유효한 활용이 가능해질 것이다. 이와 함께 안전정보시스템과 보전관리정보시스템을 연계하여 과거의 중대재해의 사례분석과 그에 대한 적절한 대책 그리고 표준작업안전방법 등의 안전기술정보 및 설비관련정보를 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 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.

#### 5. 참고문헌

- [1] 김병석, 나승훈, "시스템 안전공학", 형설출판사, 1999.
- [2] 김병석, 송수정, "산업용 로봇의 손가락고장 진단시스템 개발에 관한 연구", 한국산업안전학회, 제10권, 제3호, 1995.
- [3] 김성호, 박태홍, et al., "Fuzzy logic 제어기의 구성", 한국자동제어 학술회의 논문집, 1989.
- [4] 김화수 외2인, 전문가시스템, 집문당, 1995.
- [5] 나승훈, 김병석, 강경식, "설비의 안전성 확보를 위한 지식베이스 CBT시스템 구축에 관한 연구", 한국산업안전학회지, 제10권, 제3호, 1995.
- [6] 박주식, "고장진단을 위한 퍼지 전문가 시스템의 개발", 인천대학교, 석사학위논문, 1998.
- [7] 박주식, "실시간적인 CBMS(Condition Based Management System) 연구", 한국생산성학회, 2000년 하계학술대회



- [8] 송원섭, "생산효율화를 위한 설비보전관리 지원시스템에 관한 연구", 전북대학교 대학원, 박사학위논문, 1997.
- [9] 유동선·이교원 공저, 기초 퍼지 이론, 교우사 출판사, 개정증보판, 1998, pp. 3-12
- [10] 채석·오영석 지음, 퍼지이론과 제어, 청문각 출판사, 1995, pp. 163-180
- [11] 최승영, 김선호, "지식베이스를 이용한 천장크레인의 전기고장 진단 및 처방시스템 개발", 대한산업공학회, 제20권, 제1호, 1994.
- [12] 한국산업안전공단, "제조업종의 위험성평가 제도 도입에 관한 연구", 1997.
- [13] 한국산업안전공단, "로봇안전 시스템 설계에 관한 연구", 1992.
- [14] 한국산업안전공단, "안전정보시스템 개발 I·II", 1996
- [15] Baur and Pigford, "Expert Systems For Business-Concepts and Applications", Boyd and Fraser Publishing Company, pp. 20. 1990,
- [16] Carlsson, J., Harms-Ringdahl, L. and Kjellon, U., 1979, "Industrial Robots and Accidents at Work", Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [17] Forlenza, D. "Computer-Based Training-Advancing the Quest for Knowledge", Professional Safety, ASSE, May 1995, pp. 28-29.
- [18] 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.
- [19] Smit. K., "Interactive computer systems for maintenance management", Maintenance Management International, 7, 1983, pp. 7-15.

## 저 자 소 개

**박 주 식** : 인천대학교 산업공학과 와 동 대학원을 졸업하고, 명지대학교 대학원 산업공학과 박사과정이다. 관심분야 설비관리 및 보전, CIM, 자동화, Fuzzy 응용, computer interface분야 등.

**임 총 규** : 한국방송대학 학부, 한남대 경영학박사  
현재 한국과학재단 연구관리실장  
관심분야는 생산관리, 경영관리, 시스템분석

**오 지 영** : 서울대 학부, 경희대 석사졸업  
현재 대한건설안전 기술공사 대표  
관심분야는 시스템분석, 안전관리 및 안전공학

**강 경 식** : 인하대학교 산업공학과를 졸업하고 동 대학원 산업공학과에서 석사를 마쳤으며, 경희대학교에서 박사를 취득하였다. 또한 미국 노스다코타 주립대학에서 교환교수로 재직하였으며, 현재는 명지대학교 산업공학과에서 교수로 재직중이다. 관심분야로는 생산 계획 및 통제, 품질경영, 산업안전관리 등이다.