

# 전기화재 원인진단을 위한 지능형 프로그램 개발

권동명 · 홍성호\* · 김두현\*†

삼성 SDS 전기 Information Service Team

\*충북대학교 공과대학 안전공학과

(2002. 12. 4. 접수 / 2003. 2. 3. 채택)

## Development of an Intelligent Program for Diagnosis of Electrical Fire Causes

Dong-Myung Kwon · Sung-Ho Hong\* · Doo-Hyun Kim\*†

Electro-Mechanics Information Service Team, Samsung SDS

\*Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received December 4, 2002 / Accepted February 3, 2003)

**Abstract** : This paper presents an intelligent computer system, which can easily diagnose electrical fire causes, without the help of human experts of electrical fires diagnosis. For this system, a database is built with facts and rules driven from real electrical fires, and an intellectual database system which even a beginner can diagnose fire causes has been developed, named as an Electrical Fire Causes Diagnosis System : EFCDS.

The database system has adopted, as an inference engine, a mixed reasoning approach which is constituted with the rule-based reasoning and the case-based reasoning. The system for a reasoning model was implemented using Delphi 3, one of program development tools, and Paradox is used as a database building tool.

To verify effectiveness and performance of this newly developed diagnosis system, several simulated fire examples were tested and the causes of fire examples were detected effectively by this system. Additional researches will be needed to decide the minimal significant level of the solution and the weighting level of important factors.

**Key Words** : intelligent computer system, electrical fire causes diagnosis system, rule-based reasoning, case-based reasoning, delphi 3, paradox

### 1. 서 론

전기화재사고는 그 발생 빈도로 보나 발생 시 가져오는 많은 인적, 물적피해를 볼 때 적절한 방재 대책이 수립되어야 한다. 이러한 전기화재를 방지하기 위해서 선행되어야 하는 것이 발생된 화재의 원인이 어떠한 종류의 전기적 요인이었는가를 판별하는 것이다. 지금까지 전기화재의 원인진단과 감식, 방재 대책에 대한 연구<sup>1-3)</sup>가 진행되어 왔으나 실용적으로 적용하기에는 체계적이지 못하고 미흡한 실정이다. 또한 화재 발생시 일선 소방서의 소방관들에 의해 초동 감식과 원인 판정 업무가 수행되지만,

이들이 보다 신속하고 정확하게 원인 진단업무를 수행함과 동시에 원인 진단 및 화재사례의 기록·보전업무에 도움을 줄 수 있는 컴퓨터 프로그램이 상당히 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 그 동안 연구되어온 화흔 감식법과 원인 규명법을 데이터베이스화하고 이를 이용하여 컴퓨터에 대한 비전문가라 할지라도 쉽게 체계적으로 원인진단 업무를 수행할 수 있는 전산화된 프로그램을 개발하였다. 이는 원인진단 업무의 수행을 보조하는 것뿐만 아니라 이 업무의 체계화를 꾀할 수 있는 하나의 지표와 구체적인 통계 자료를 만들 수 있는 틀을 구성하는 것을 목표로 한다. 따라서 시스템은 단순히 연구된 자료를 검색하는 데이터베이스의 구성이 아닌 사용자와 시스템과의

†To whom correspondence should be addressed.  
dhk@cbucc.chungbuk.ac.kr

상호작용으로 사용자의 요구 수준에 따라 필요한 정보를 제공할 수 있는 지능형 데이터베이스 시스템<sup>4)</sup>으로 구성하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 전문가시스템의 주요 지식 추론 기법인 지식기반 추론과 사례기반 추론법을 병용하여 추론 모형을 설계하였고 이를 구현할 수 있는 전기화재의 원인을 진단하는 프로그램을 개발하였다.

## 2. 추론기법의 개발

### 2.1. 추론기법 고찰

추론 방식은 크게 규칙기반 추론 또는 지식기반 추론 (Rule-Based Reasoning : RBR, Knowledge-Based Reasoning) 방식과 사례기반 추론(Case-Based Reasoning : CBR)이라는 방식이 있다.

지식기반 추론은 해의 유의성이 높고 탐색 과정이 논리적인 반면 지식의 추출과 추가·확장이 어렵고 불확실한 자료의 표현과 처리가 곤란하다<sup>5)</sup>.

사례기반 추론은 지식의 획득과 증가 과정이 용이하고, 복잡하고 불확실한 문제에 대해서도 해를 제공할 수 있으나 해의 유의성이 떨어지고 논리적이 못하다<sup>6)</sup>.

본 연구에서는 이러한 지식기반과 사례기반 추론의 장점을 조합한 혼합추론 방식을 사용하였다. 연구되어온 감식법을 이용한 지식기반 추론과 지식의 항목들을 이용한 색인 항목들을 구성한 사례기반 추론을 병용하면서 데이터베이스의 불충분함에서 오는 문제를 해결할 수 있고 사례학습을 통하여 데이터베이스의 완성도를 높여갈 수 있어 두 가지 추론 기법을 혼합 적용하여 전기화재의 원인진단프로그램을 개발하였다.

### 2.2. 지식기반 추론 시스템의 추론모형

전문가시스템에서 지식을 표현하는 방법에는 규칙, 의미망, 프레임을 이용한 방법이 있다<sup>7)</sup>.

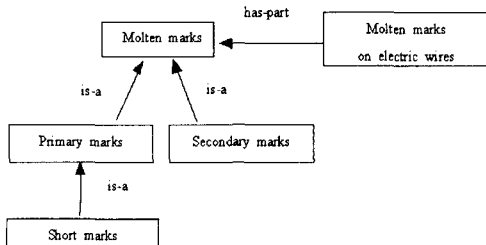


Fig. 1. Semantic network representing 'is-a' and 'has-part' arcs

본 연구에서는 IF문장과 THEN 문장으로 연결되어있는 형태인 규칙으로 각 지식베이스의 항목들을 표현하였고, 노드(Node)간의 관계를 표현하기 위해 네트워크 구조인 의미망(Semantic Net)으로서 규칙 항목들간의 관계를 설정하였다. Fig. 1은 용흔의 경우에 대한 의미망의 한 예이다.

규칙형 지식베이스에서 추론방식은 가장 기본적인 방식인 Modus Ponens를 사용하였는데 이는 A→B와 같은 규칙이 있고, 또 그 전제가 되는 A가 사실일 때 결론 B를 내리는 것을 말한다.

또한 AND/OR 그래프의 형태로 규칙들을 구조화하였고 원인에서 결과를 탐색할 때 쓰이는 정방향 추론(Forward Chaining) 기법을 적용하였다.

### 2.3. 사례기반 추론 시스템의 추론모형

사례기반 추론에서는 사례의 인덱싱이 시스템의 성능을 좌우하는데 인덱싱 방법에는 특성간 비교를 통한 최다 일치 사례 선별법, 귀납적 알고리즘 사용법, 지식베이스 항목 이용법이 있다<sup>8)</sup>.

지식 베이스 이용법은 지식에 의해 어떠한 특성이 가장 유사한 사례를 도출하는데 중요한지를 결정하는 방법이다. 본 연구에서는 현재 이용 가능한 사례 데이터가 빈약하고 앞으로 지식베이스의 완성도도 지원할 수 있다는 측면에서 사례의 유사성을 설명할 수 있는 지식베이스 항목 이용법을 선택하였다. 또한 지식의 삭제 및 변경이 가능하도록 비단조 추론(Nonmonotonic)방식을 적용하였다.

## 3. 전기화재 원인진단시스템

### 3.1. 프로그램의 구성 및 알고리즘

규칙기반 시스템은 지식베이스와 추론엔진으로 구성된 D.A. Waterman의 구조<sup>9)</sup>를 응용하였다. 여기에서 지식베이스는 사실(fact)과 전문가에게서 추출한 규칙(rule)의 두 가지 요소로 구성된다. 추론 엔진은 지식을 적용하는 해석기(interpreter)와 적용하는 순서를 결정하는 스케줄러(scheduler)로 구성된다.

사례베이스의 색인 항목은 Table 1과 같이 구성하였다.

색인 항목의 구성은 화재 현장에서 쉽게 취득이 가능하고 화재 발생과 직접적으로 관련이 있어야 한다는 것을 원칙으로 세우고 지식과 전기 계통의 이전 사용 조건을 중심으로 일선 소방서에서 작성한 화재 발생 시의 보고서를 참조하여 구성하였다.

Table 1. Index items of the case based system

화재 사례	
① 발화지점	② 전선의 상태
③ 용혼의 상태	④ 차단기 작동상태
⑤ 발화점의 현상	⑥ 건축물의 사용연수
⑦ 퓨즈 상태	⑧ 전기기기 절연상태
⑨ 접지공사 상태	⑩ 절연체 손상정도
⑪ 가연성 물질	⑫ 기후조건
⑬ 급전상태	⑭ 전기계통의 이전 내력
⑮ 기타현상 등	

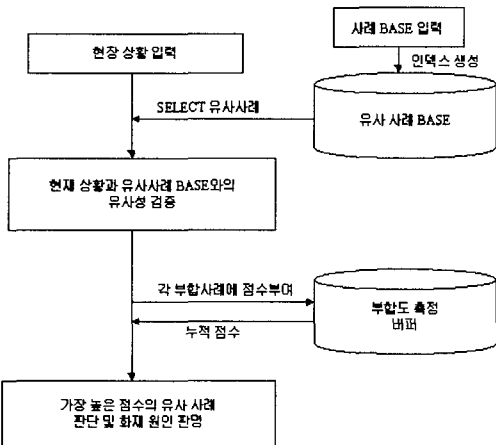


Fig. 2. Procedure of the case-based reasoning

사례베이스는 화재사례의 입력과 검색의 편의를 위해 속성값(feature value)방식인 프레임 형식으로 사례를 표현하여 구성하였다. 사례기반 추론은 Fig. 2와 같이 진행된다.

사례조회는 중요 색인항목을 우선 탐색하여 탐색 사례의 수를 줄여나가는 차별망(discrimination networks) 방법과 수직적 절차에 바탕을 둔 최근치 알고리즘(nearest neighbour algorithm)을 같이 적용하는 것이 일반적이나 본 연구에선 탐색할 사례의 수가 적으므로 최근치 알고리즘만을 사용하였다.

### 3.2. 프로그램 구현

본 연구에서 요구되는 추론 모형을 구현하기 위해선 단순한 데이터의 저장 및 접근 방법에 의한 참조 기능뿐만 아니라 저장된 정보로부터 새로운 사실을 추론하여 의사 결정에 이용할 수 있는 프로그램이 필요하다. 또한 지식기반과 사례기반 추론의 병용과 사용자 중심 인터페이스의 구성이 가능해야 한다. 이러한 점을 감안할 때 기존의 전문가시스템 개발 도구들은 비용과 효과 면에서 부적절하다고 판단되어 사례와 지식의 데이터베이스를 이용할 수

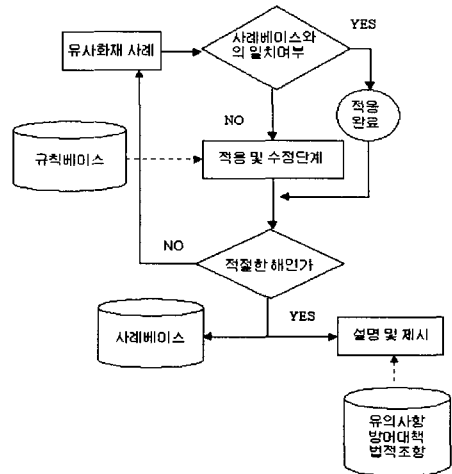


Fig. 3. Adaption, revision, explanation, and learning of the solution

있는 응용 프로그램을 직접 개발하였다. 이를 전기 화재 원인진단 시스템(Electrical Fire Causes Diagnosis System : EFCDS)라 명명한다. 사용된 데이터베이스 구축 도구는 파라독스(Paradox)이며, 응용 프로그램은 윈도우 환경의 프로그램 개발 툴인 델파이 3(Delphi 3)를 사용하여 개발하였다.

본 시스템의 특징은 지식기반 추론 결과와 사례기반 추론 결과의 비교와 지식베이스 항목을 통한 조회로써 해의 적용 및 수정이 가능토록 하였다는 것이다. 또한, 향후 프로그램의 보완 과정에서 진단된 원인에 대한 유의사항 및 방어대책, 해당 법적 조항들을 해에 추가하여 보여주는 설명 기능을 갖도록 DB를 설계하였다. Fig. 3에서 이러한 과정을 보인다. 해가 적절하다고 판단되면 사례베이스에 포함시키는 학습 과정을 같이 보인다.

#### 3.2.1. 통전여부 및 전기화재 가능성진단

본 시스템은 먼저 화재 현장의 전기기기, 옥내배선, 연장 코드가 통전 중 이었는 지를 판별하고, 전기적 요인에 의한 화재 즉, 전기화재의 가능성을 판별한 후, 최종적으로 어떠한 전기적 요인에 의한 화재인가를 추론하는 순서로 원인진단을 수행한다.

Fig. 4는 시스템의 초기화면을 나타낸 것이다. 이 화면에서 통전 중이었던지의 진단을 위한 창으로 이동하게 된다. Fig. 5는 통전 상태 진단 창을 보이는 것이다. 설정된 진단 순서에 따라 각 진단항목을 화면 구성의 편의상 번호로 나타내었고, 사용자가 각 번호 버튼을 클릭한 후 해당 항목의 내용을 확인

하면 시스템에 정보가 입력된다. 시스템은 통전이라고 판명하기에 요구되는 정보가 입력되면 통전 중입을, 반대의 경우엔 통전 중이 아님을 출력하게 된다. 번호 버튼에 대한 각 항목은 풍선 도움말로 내용을 확인 할 수 있다.

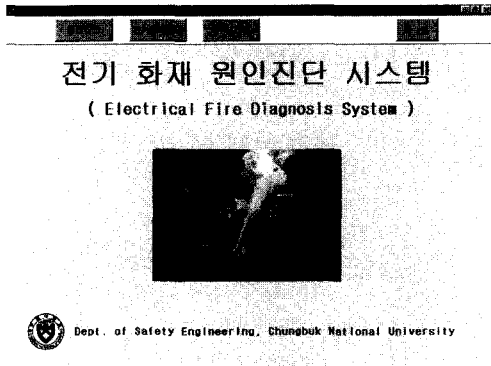


Fig. 4. The initial window of the electrical fire causes diagnosis program

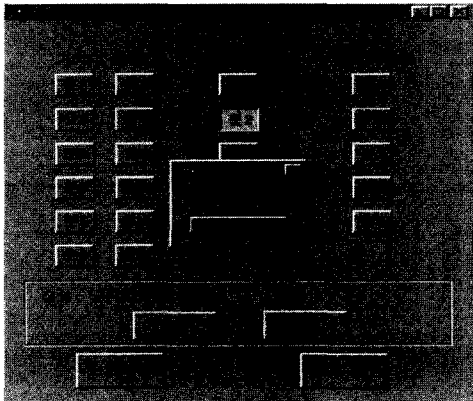


Fig. 5. Window for power-on status

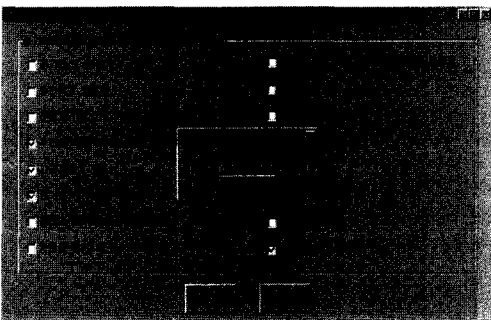


Fig. 6. An example with possibility of diagnosing as an electrical fire

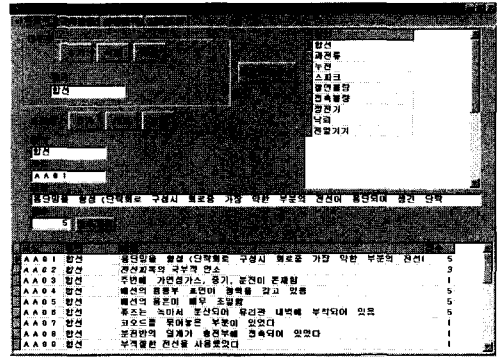


Fig. 7. Building the knowledge base

Fig. 6은 통전 여부가 확인되었을시 해당 화재가 전기화재일 가능성이 있는지를 판별하는 창이다. 입력된 정보에 따라 기기가 통전중이었고 전기화재일 가능성이 있으면 시스템은 세부적인 원인을 추론하게 된다.

### 3.2.2. 규칙의 등록과 조회

본 시스템의 추론 과정은 규칙등록과 규칙조회, 사례등록과 사례조회의 4가지의 창으로 구성되어 있다. Fig. 7은 규칙의 등록을 수행하는 화면을 보이고 있다.

본 연구에서는 전기화재의 원인을 합선, 과전류, 누전, 스파크, 절연불량, 접촉불량, 정전기, 낙뢰, 전열기기의 9가지 종류로 구분하여 이를 대분류 항목으로 선정하였다. 이 대분류 안에 여러 가지 소분류로서 프로그램 실행화면 안에서 추가와 삭제, 저장을 할 수 있도록 하였다. 그리고 각 원인별로 해당 규칙이 코딩되고 가중치를 고려한 부합점수가 부여된다. 적용 규칙은 사용자 함수로써 편집되어 있다. 또한, 몇 가지의 항목들이 서로 관련성이 있어 동시에 확인될 경우 특정한 화인일 가능성을 증가시킨다면 이를 조합으로 처리하여 해당 조합에 가중치를 부여하는 조합가중치를 적용하였다.

본 시스템은 사용자에게 조회의 편의를 주고 탐색속도를 증가시키기 위하여 Key Word 입력란에 찾고자 하는 질의어를 입력하면 해당 질의어로 색인된 지식베이스만이 선별되어 사용자에게 제공한다. 사용자가 시스템에 현상상황을 색인된 지식베이스에서 입력하면 설정된 규칙에 따라 해당원인 지식베이스와의 부합도 점수와 부합율을 계산하게 되고 이 결과를 사용자에게 제공한다. 그림 8은 이러한 추론결과를 보이고 있다.

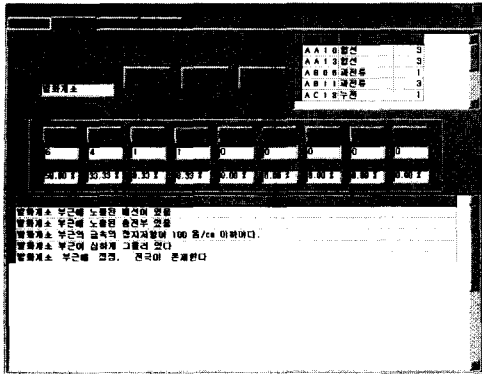


Fig. 8. Retrieval knowledge in the knowledge base

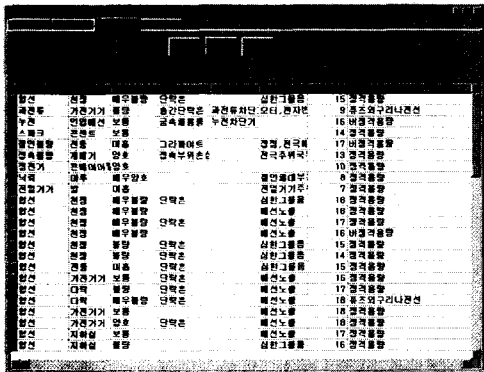


Fig. 9. Building the case base

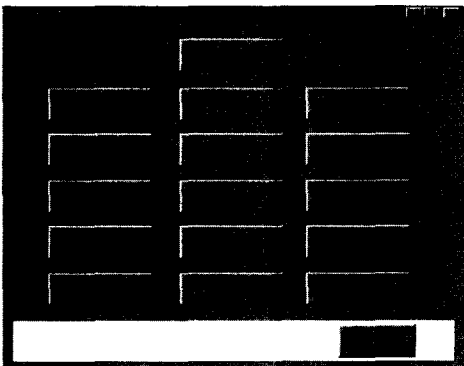


Fig. 10. Addition of cases

3.2.3. 사례의 등록과 조회

Fig. 9는 사례베이스에 사례를 등록하고 조회하는 화면이다. 새로이 입력되는 사례에는 코드 값이 부여된다.

사례의 등록은 사용자가 일관된 색인항목에 따라 보다 쉽게 입력할 수 있도록 표준 질의어 중에서 선택하는 방식을 취하였다.

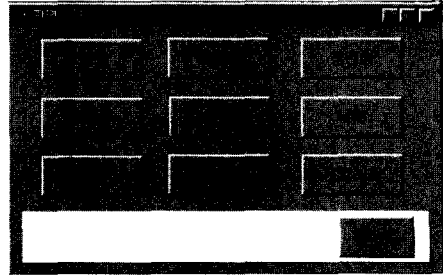


Fig. 11. Detailed classification of the diagnosed cause in advance

Fig. 9에서 나타내고 있는 사례 베이스 구성 창의 추가 버튼을 클릭하면 시스템은 이 창에 종속되어 있는 각 색인별 사례 기입창들을 보여준다. Fig. 10, 11은 이러한 과정을 보이고 있다.

4. 사례연구

제안된 시스템의 타당성을 검증하기 위해 합선이라고 판명되었던 화재사례인 Table 2와 같은 현상들이 입력되었을 때 시스템이 구현되는 모습을 보인다.

Fig. 12와 13은 규칙기반 추론과 사례기반 추론의 결과 화면이다. 규칙기반 추론결과 입력된 정보가

Table 2. Input of case

- ① 비 정격용량 퓨즈
- ② 배선에 기계적 손상부위 있음
- ③ 전기배선에 생긴 용흔이 조밀함
- ④ 발화개소 부근이 심하게 그을려 있음
- ⑤ 부적절한 용량의 퓨즈사용
- ⑥ 천정발화
- ⑦ 전선배열 불량
- ⑧ 심한 그을음
- ⑨ 사용년수 15년
- ⑩ 용단망울 형성
- ⑪ 절연상태 양호
- ⑫ 접지상태 양호
- ⑬ 가연성물질 주의

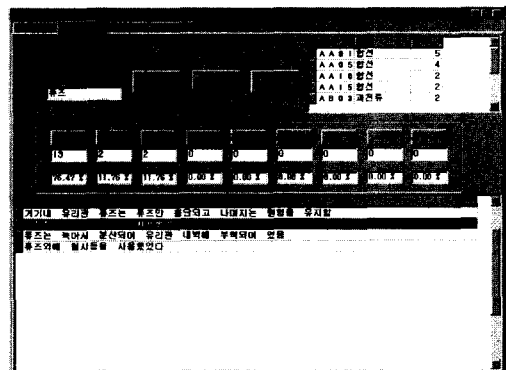


Fig. 12. Results of the rule-based reasoning

번호	합선	원인	부하용량	단락종	별선노출	경계용량
37	합선	선경	부하용량	단락종	별선노출	17 경계용량
38	합선	선경	부하용량	단락종	별선노출	16 비경계용량
39	합선	선경	부하용량	단락종	선간극물음	15 경계용량
40	합선	선경	부하용량	단락종	선간극물음	14 경계용량
41	합선	선경	대용	단락종	선간극물음	15 경계용량
42	합선	가전기기 노후	대용	단락종	별선노출	16 경계용량
43	합선	단락	부하용량	단락종	별선노출	17 경계용량
44	합선	단락	부하용량	단락종	별선노출	18 동조구리나전선

번호	유사도
38	3.99
39	6
40	6.80
41	5
42	3.90
43	4.90

Fig. 13. Results of the case-based reasoning

합선과 76.47%의 높은 부합율을 보였고 사례기반 추론에서도 이전에 발생원인이 합선이라고 판명되었던 40번 사례와 입력 정보들이 6.99의 높은 유사도를 보였다. 따라서 시스템은 이 사례를 전경에서 전기 배선에 기계적 손상이 생겨 전선이 단락 되면서 발생한 합선에 의한 화재라고 진단하게 된다.

아직 지식과 사례베이스의 품질이 저조한 관계로 본 모형의 신뢰도를 충분히 검증하는 데에는 한계가 있으나 발생 화재에 관하여 본 연구에서 제안한 추론 모형을 적용한 결과 발생 원인을 추적할 수 있었으며 가장 유사한 화재원인을 탐색할 수 있었다.

### 5. 결론

본 연구의 목적은 전기화재 원인진단을 위한 업무에 일관성, 체계성, 합리성, 편의성을 부여하는 것이었다. 이를 위하여 본 연구에서는 전기화재 원인진단업무의 체계화를 위하여 감식 시 기록·보전해야 될 항목들에 관한 예를 프로그램 내에서 제시하였다. 이를 검증하고 보다 쉽게 원인진단 업무를 수행할 수 있도록 지식기반 추론과 사례기반 추론을 병용한 혼합추론 기법의 모형을 제시하고 이 모형을 하나의 전산화된 지능형 데이터베이스 시스템으로 개발하였다.

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 혼합추론기법의 모형을 구현한 데이터베이스 응용 프로그램을 개발하여 기존에 발생되었던 전기화재사례를 입력 수행한 결과 해당 사례의 원인을 추론할 수 있었다.

2) 지식베이스의 항목을 이용, 사례 베이스의 색인항목들을 구성하여 화재 감식 시 조사해야 될 항목의 예를 제시하였다. 이를 이용하여 감식 업무의 체계적인 기록·보전을 피할 수 있고, 두 가지 추론 결과의 상호비교를 통하여 해의 수정과 적응을 용이하게 할 수 있었다.

3) 지식베이스와 사례베이스의 구성을 위해 획득이 가능한 지식과 사례의 품질과 양이 저조한 동시에 다양한 화인을 보이는 전기화재의 특성상 원인진단을 위한 추론기법으로는 지식기반추론과 사례기반 추론의 두 가지 추론기법의 장점을 살리고 향후 시스템의 완성도를 높일 수 있는 혼합추론기법을 사용하는 것이 타당함을 알 수 있었다.

향후 본 연구의 결과를 실제 업무에 적용하는 과정에서 보다 합리적인 사례 색인항목 구성과 양질의 규칙과 사례 데이터가 확보된다면 시스템의 완성도는 더욱 높아질 것이다.

### 참고문헌

- 1) 박현식, “전기화재 : 방재전문인 연구 보고서,” 한국화재보험협회, p.16, 1994
- 2) 박남신, “전기화재의 원인분석 및 감식에 관한 연구,” 한양대학교 산업대학원, 1991
- 3) 한국전기안전공사, “전기화재조사요령” 1991
- 4) Brodie, M.L., Future Intelligent Information Systems : AI and Database Technologies Working Together, in Artificial Intelligence and Database, ed. by J.Mylopoulos and M. Brodie, Morgan Kaufmann, pp.623~642, 1989
- 5) Slade, S., “Case-Based Reasoning : A Research Paradigm,” in AI Magazine, Vol.12, Spring, 1991
- 6) Kolodner, J., Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann, 1993
- 7) Mylopoulos, J. and J.H. Levesque, An Overview of Knowledge Representation, in On Conceptual Modeling, ed. by M.L. Brodie and J.W. Schmidt, Springer-Verlag, 1984
- 8) 이강재, “유사정보추출을 위한 관계 데이터베이스 관리 시스템의 사례기반 추론 메카니즘,” 동국대학교 대학원, 1996
- 9) Waterman, D.A., A Guide to Expert System, Addison Wesley, 1985