

지식기반 추론과 사례기반 추론의 혼합 적용 기법을 이용한 전기화재 원인진단 시스템

An Electrical Fire Diagnosis System Using the Mixed Approach of the Case-Based Reasoning with the Knowledge-Based Reasoning

권동명*, 김두현*, 김상철**, 김상렬***

*충북대학교 안전공학과, **세명대학교 산업안전공학과, ***안동전문대학 산업안전위생과

ABSTRACT

This paper presents an electrical fire diagnosis system using intellectual reasoning which is the mixed approach of the case-based reasoning with the knowledge-based reasoning.

A prototype system is implemented using Delphi, one of the program development tools under windows environment, for making an application program for database. And database is builded using Paradox.

The results of applying the system to some imaginary fire cases to verify its capability and validity show that the causes of fires is successfully diagnosed, so the proposed system proves to be reasonable.

1. 서론

전체 화재 원인 중에서 전기기기, 배선 등의 전기적 원인으로 인한 전기화재가 매우 높은 비중을 차지하고 있으나, 지금까지 전기화재 원인 규명과 감식에 대한 연구는¹⁾²⁾³⁾ 체계적인 정립이 미약하여 산업 현장에서의 적용이 곤란한 실정이다. 또한 화재 발생시 일선 소방서의 소방관들에 의해 초등 감식과 원인 판정 업무가 수행되지만, 이들이 전기에 대한 전문적 교육을 이수 받지 못한 관계로 정확하고 체계적인 감식과 원인 진단 및 화재사례의 기록·보전을 기대하기에는 무리가 있으며 원인 판정 업무의 어려움을 호소하고 있다.

이에 본 연구에서는 그 동안 연구되어온 화흔 감식법과 그를 통한 원인 규명법을 데이터베이스화 하고 이를 이용한 실용적인 전기화재 원인진단 시스템을 개발하여 전기 분야에 대한 비전문가라 할지라도 쉽게 체계적으로 원인진단 업무를 수행할 수 있는 전산화된 프로그램을 개발하고자 한다. 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. 때문에 시스템은 단순히 연구된 자료를 검색하는 데이터베이스의 구성이 아닌 사용자와 시스템과의 상호작용으로 사용자의 요구 수준에 따

과 필요한 정보를 제공할 수 있는 전문가가 시스템으로 구성한다.

이를 위하여 본 연구에서는 전문가 시스템의 주요 지식 추론 기법인 규칙기반 추론과 사례기반 추론 법을 병용한 추론 모형을 설계하였고 이를 구현할 수 있는 원형 시스템(prototype system)을 개발하였다.

2. 원인진단 시스템의 개발이론

2.1 추론기법

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.

규칙기반 추론은 해의 유의성이 높고 탐색 과정이 논리적인 반면 규칙의 추출과 시스템의 유지 보수, 지식의 추가, 확장이 어렵고 불확실한 자료의 표현과 처리가 곤란한 단점이 있다.⁴⁾

사례기반 추론은 지식의 획득과 증가 과정이 용이하고, 복잡하고 불확실한 문제에 대해서도 해를 제공할 수 있으며, 처리 과정이 빠르다는 장점이 있으나 사례 베이스 자체가 불완전하다면 해의 유의성이 저조하고 논리적이 못하다는 단점이 있다.

본 연구에서는 규칙기반과 사례기반의 장단점을 조합하여 두 추론 기법을 모두 사용한 혼합추론 기법을 쓰고자 한다. 규칙베이스와 사례베이스 양자 모두 불완전하므로 연구되어온 감식법을 이용한 규칙기반 추론과 규칙의 항목들을 이용 색인 항목들을 구성한 사례기반 추론을 병용하면서 두 시스템의 문제를 해결하고 완성도를 높여갈 수

있어 두 가지 추론 기법의 혼합 사용이 전기화재의 원인진단을 위해선 가장 적절하다고 판단된다.

2.2 규칙기반 추론

전문가시스템에서 지식을 표현하는 방법에는 규칙, 의미망, 프레임을 이용한 방법이 있다.

본 연구에서는 IF문장과 THEN 문장으로 연결된 형태인 규칙으로 각 지식 베이스의 항목들을 표현하였고, 노드(Node)간의 관계를 표현하기 위해 네트워크 구조인 의미망(Semantic Net)으로서 지식 항목들간의 관계를 설정하였다. 그림 1은 용혼의 경우 의미망의 형태이다.

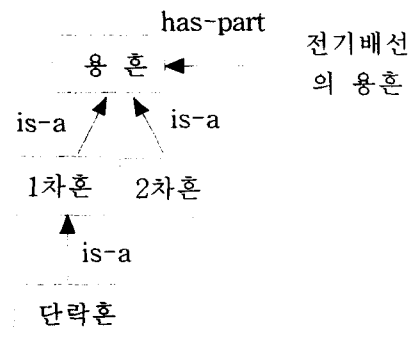


그림 1. 의미망을 이용한 지식표현

규칙형 지식베이스에서 추론방식은 가장 기본적인 방식인 Modus Ponens를 사용하였는데 이는 $A \rightarrow B$ 와 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. 다음 그림 2는 정방향 추론과정을 보이는 것이다.

If ㉑ is true, then get ㉓
 If ㉒ is true, then get ㉔
 If ㉓ and ㉔ and ㉓ and ㉔ is true,
 then get GOAL

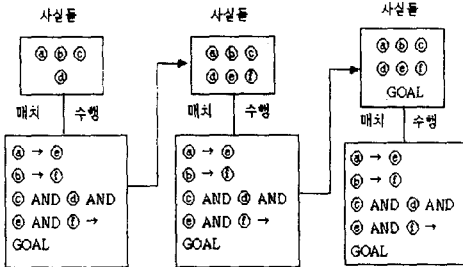


그림 2. 정방향 추론 진행의 예시

2.3 사례기반 추론

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

본 연구에서는 현재 이용 가능한 사례 데이터가 빈약하고 앞으로 규칙베이스의 완성도도 지원할 수 있다는 측면에서 사례의 유사성을 설명할 수 있는 지식베이스 항목 이용법을 선택하였다.

또한 규칙의 삭제 및 변경이 가능하도록 비단조 추론(Nonmonotonic)방식을 적용하였다.

3. 전기화재 원인진단시스템

3.1 시스템의 구성 및 알고리즘

지식베이스 시스템은 지식베이스와 추론엔진으로 구성된 D.A. Waterman의 구조⁵⁾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 결정

하는 스케줄러(scheduler)로 구성된다. 사례베이스의 색인 항목은 표 1과 같이 구성하였다.

표 1. 사례베이스의 색인항목

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 물질의 존재	⑬ 화재당일의 급전상태
⑫ 기후조건	⑭ 전기계통의 이전 내력
⑮ 기타현상 등	

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

사례베이스는 화재사례의 입력과 검색의 편의를 위해 속성값(feature-value)방식인 프레임 형식으로 사례를 표현하여 구성하였다. 사례기반 추론은 그림 3과 같이 진행된다.

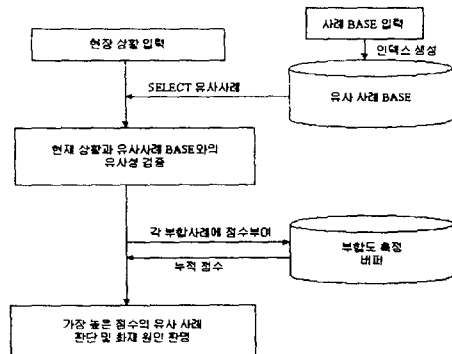


그림 3. 사례조회 개념도

사례조회는 중요 색인항목을 우선 탐

색하여 탐색 사례의 수를 줄여나가는 차별망(discrimination net-works) 방법과 수치적 절차에 바탕을 둔 최근치 알고리즘(nearest neighbour algorithm)을 같이 적용하는 것이 일반적이나 본 연구에선 탐색할 사례의 수가 적으므로 최근치 알고리즘만을 사용하였다.

3.2 시스템 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 규칙기반과 사례기반 추론의 병용과 사용자 중심 인터페이스의 구성이 가능해야 한다. 이러한 점을 감안할 때 기존의 전문가시스템 개발 도구들은 비용과 효과 면에서 부적절하다고 판단되어 사례와 규칙의 데이터베이스를 이용할 수 있는 응용 프로그램을 직접 개발하였다. 이를 전기화재 원인진단 시스템(Electrical Fire Diagnosis System : EFDS)라 명명한다. 사용된 데이터베이스 구축 도구는 파라독스이며, 응용 프로그램은 윈도우 환경의 프로그램 개발 툴인 델파이를 사용하여 개발하였다.

본 시스템의 특징은 규칙기반 추론 결과와 사례기반 추론 결과의 비교와 규칙베이스 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 설계할 것이다. 그림 4에서 이러한 과정을 보인다. 해가 적절하다고 판단되면 사례베이스에 포함시키는 학습

과정을 같이 보인다.

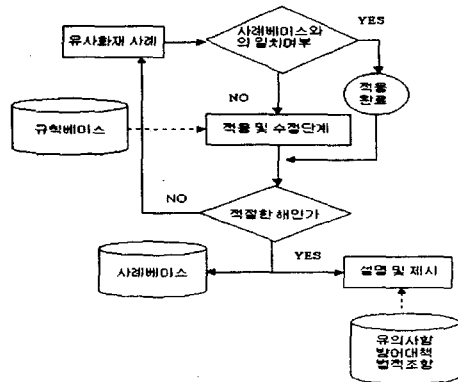


그림 4. 해의 적용 및 수정과 설명 및 학습

3.2.1 규칙의 등록과 조회

본 원형 시스템(prototype system)은 규칙등록과 규칙조회, 사례등록과 사례조회 4가지의 창으로 구성되어 있다. 그림 5는 규칙의 등록을 수행하는 화면을 보이고 있다.

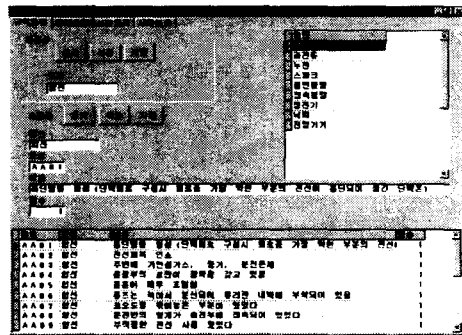


그림 5. 규칙등록시의 실행화면

전기화재의 원인을 합선, 과전류, 누전, 스파크, 절연불량, 접촉불량, 정전기, 낙뢰, 전열기기의 9가지 종류로 구분하여 이를 마스터 키로 선정하였다. 각 원인별로 해당 지식이 코딩되고 가중치를 고려한 부합점수가 부여된다. 적용 규칙은 사용자 함수로써 편집되어 있다.

규칙의 조회 시에는 지식베이스를 한 화면상에 나타내어 사용자가 선택 입력 하게 하였다. 추론 결과는 인자별 지식 베이스와의 부합도 점수와 해당 원인 지식베이스와의 부합율을 볼 수 있도록 두 개의 메모 컴포넌트를 배치하였다.

3.2.2 사례의 등록과 조회

그림 6은 사례베이스에 사례를 등록 하고 조회하는 화면이다. 새로이 입력 되는 사례에는 코드 값이 부여되고 이것이 관계형 데이터베이스에서의 기본 키가 된다. 사례 조회 시에는 사용자가 자신이 갖고있는 정보를 각 색인 항목 별로 입력하면 사례베이스와의 부합도가 계산되고 유사사례 찾기 버튼을 클릭하면 가장 유사한 사례와 유사도 점수가 출력된다.

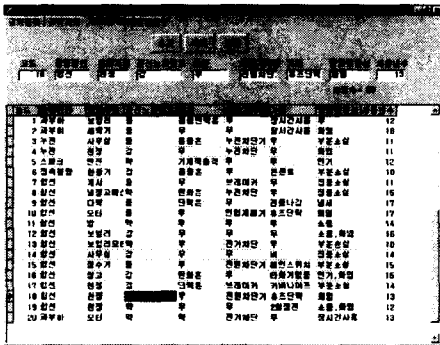


그림 6. 사례등록 시의 화면

4. 사례연구

제안된 시스템의 타당성을 검증하기 위해 발생 가능한 화재 상황을 설계하여 시스템을 가동하였다. 다음과 같은 현상들이 입력되었을 때 시스템이 구현 되는 모습을 보인다.

화재현장 감식결과 발견현상

- 전선에 단락흔 형성
- 부적절한 전선의 사용

- 절연상태 불량
- 발화개소 부근에 점점과 전극이 존재
- 금속 접촉부 가열 시 저항치가 감소
- 천장에서 발화된 것으로 추정
- 건물 사용 년 수 12년
- 전원차단기 작동

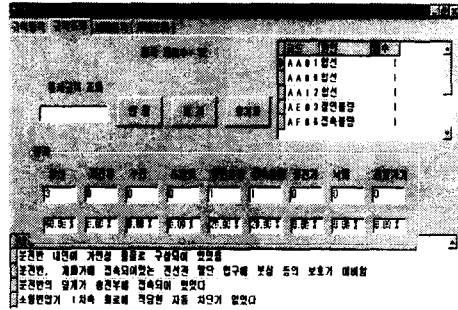


그림 7. 규칙기반 추론 결과 화면

그림 7은 규칙기반 추론의 결과 화면이다. 추론 결과 합선인자가 3건, 절연 불량과 접촉불량 인자가 각 1건이 탐색되어 합선이 60.00%로 가장 높은 부합 정도를 보였다.

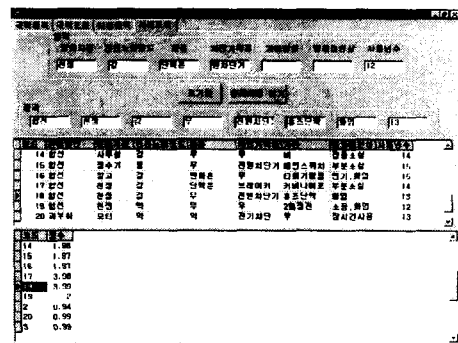


그림 8. 사례기반 추론 결과 화면

사례기반 추론 결과에서도 그림 8로 볼 수 있는 것처럼 확인이 합선으로 판명되었던 이전 사례들과 상대적으로 높은 유사도를 보이고 있어 두 가지 추론 결과가 대체적으로 유사함을 보였다. 해의 적응 및 수정을 위하여 두 가지 방식의 추론 결과를 비교한 결과 이 화

재는 부적절한 전선을 장기간 사용하여 천장부위의 전선이 단락을 형성하며 응용 되어 발화로 까진 진행된 합선으로 인한 화재라는 해를 얻을 수 있었다.

아직 규칙과 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 사례를 탐색할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제안한 추론 모형을 이용하여 화재 원인 판단과 유사사례 탐색이 가능하고 사례베이스의 색인 항목을 기준으로 화재 조사 시 정보를 기록·보전한다면 이 업무의 체계화를 꾀할 수 있다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 전기화재 원인진단을 위한 접근 방법론 및 동 업무의 체계화를 위하여 감식 시 기록 보전해야 될 항목들에 관한 지표를 제시하였다. 이를 검증하고 보다 쉽게 원인진단 업무를 수행할 수 있도록 규칙기반 추론과 사례기반 추론을 병용한 혼합추론 기법의 모형을 제시하고 이 모형을 이용하여 하나의 시스템을 개발하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 규칙기반 추론에서는 구성된 지식의 품질과 수량이 저조한 관계로 추론 모형의 완성도가 높지 않았고, 사례기반 추론에선 화재 사례에서 기록·보전되는 항목들이 체계적이지 못하여 추론을 위한 색인 항목의 구성이 어려운 문제점이 있어 두 가지 추론 기법을 모두 적용하여 해의 적용 및 수정이 쉽고 향후 시스템의 신뢰도를 높여갈 수 있는 혼합추론 기법을 이용하는 것이 타당하

였다.

2) 규칙베이스의 항목을 이용 사례베이스의 항목들을 구성하여 화재감식 시 조사해야될 항목의 지표를 제시함으로써 발생 화재 사례의 체계적인 기록·보전을 꾀할 수 있고, 이의 통계적 검증을 통하여 중요 규칙의 결정과 신뢰도를 증진시킬 수 있다.

3) 혼합추론 기법의 모형을 구현하기 위한 데이터베이스 응용 프로그램의 원형시스템(prototype system)을 개발하여 가상 사례를 입력 수행한 결과 해당 사례의 원인을 추론할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제안한 추론 모형은 유의성이 있음이 검증되었다.

본 연구의 결과를 실제 업무에 적용하기 위해서는 보다 치밀한 규칙부여에 대한 연구와 효율적인 화재 감식항목의 구성 및 기록·보전이 요구되고 사용자가 쉽게 규칙을 직접 프로그래밍 할 수 있는 사용자 인터페이스를 구현하는 것이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 1) 박현식, "전기화재", 방재전문인 연구보고서, 한국화재보험협회, 1994
- 2) 박남신, "전기화재의 원인 분석 및 감식에 관한 연구", 한양대학교 산업대학원, 1991
- 3) 한국전기안전공사, 전기화재 원인분석 및 예방대책 연구, 1994
- 4) Slade, S., "Case-Based Reasoning : A Research Paradigm," AI Magazin, Spring, 1991
- 5) Waterman, D.A., A Guide to Expert System, Addison Wesley, 1985.
- 6) Stonebraker, m., "Implementation of Rules in Relational Database System," Database Engineering, Vol.6, No.4, 1983