

## 전기화재 원인진단을 위한 사례기반 시스템 구축 Construction of Case-based System for the Cause Diagnosis of an Electrical Fires

이종호<sup>†</sup> · 김두현 · 김성철

Jong-Ho Lee<sup>†</sup> · Doo-Hyun Kim · Sung-Chul Kim

충북대학교 안전공학과  
(2007. 3. 9. 접수/2007. 6. 18. 채택)

### 요 약

본 연구는 객체 관계형 DB를 이용한 전기화재 원인을 진단할 수 있는 사례기반 시스템을 개발하였다. 시스템은 간편하고 그리고 효율적으로 DB를 구축 및 전기화재의 원인 진단에 중점을 두고 있다. 전기화재와 관련된 정보를 저장하고 접근하기 위해서 전기화재를 분별할 수 있는 주요한 항목들을 도출하였다. 사례기반 시스템은 과거의 전기화재 사례로부터 정보를 추출하여 구성하고, 새롭게 발생된 화재의 원인은 패턴매칭을 통해 사례기반 DB를 검색함으로써 진단될 수 있다. 사례기반 시스템은 수집된 다양한 정보를 이용하여 다중 속성에 대한 검색 기능뿐만 아니라 원인진단을 쉽게 사용될 수 있도록 향상된 진단 기능을 갖고 있다.

### ABSTRACT

This paper presents the development of a case-based system for an electrical fire cause diagnosis system using the entity relation database. The relation database which provides a very simple but powerful way of representing data is widely used. The system focused on database construction and cause diagnosis can diagnose the causes of electrical fires easily and efficiently. In order to store and access to the information concerned with electrical fires, the key index items which identify electrical fires uniquely are derived out. The case-based system consists of a case which contains information from the past fires. The case-based system could present the cause of a newly occurred fire to be diagnosed by searching the case-based database for reasonable matching. The case-based system has not only searching functions with multiple attributes by using the collected various information(such as fire evidence, structure, and weather of a fire scene) but also more improved diagnosis functions which can be easily used for the electrical fire cause diagnosis system.

**Keywords :** Electrical fire, Case-based, Cause diagnosis, Database, Entity-relation

### 1. 서 론

산업사회가 발전함에 따라 전기의 사용빈도가 높아지고, 전기 사용상의 위험성과 안전의식 결여로 인하여 전기화재는 높은 비중을 차지하면서 많은 인명 및 재산상의 피해를 주고 있다. 이러한 전기화재는 신뢰할 수 있는 원인분석과 규명에 초점을 맞추어 전기화재 원인 분석이 전제되어야 한다. 그리고 전기화재의 정확한 진단을 위해서는 화재현장의 상태와 관련하여

다양한 유형의 정보를 수집하고 분석해야만 한다. 우선 화재발생시 우선 목격자 진술, 건물의 개폐상태, 가연성 물질의 유무 등 현장의 주변정황, 1차 용융흔 등과 같이 화재원인을 특정지을 수 있는 증거들을 감식해야 한다. 이런 다양한 정보들을 가지고 화재 원인을 진단하는 과정은 여러 형태의 논리적 단계, 경험, 과학적인 검증 등을 거치면서 전문지식과 상당히 복잡한 의사결정이 필요하다.<sup>1-3)</sup> 최근 전기화재의 감식에 대한 연구가 진행되고는 있으나 아직 현장적용이나 진단과 관련된 연구는 미흡한 실정이다.

화재현장에서 화재의 전기적 징후와 원인과의 인과

<sup>†</sup>E-mail: yijho@naver.com

관계는 과학적인 감식과 전문가가 없으면 불명확하기 때문에 명확한 전기화재 원인을 갖는 징후나 특정한 감식증거들에 대하여 타당성있고 합리적인 진단을 위해서는 과거에 발생된 화재사례들을 이용하거나 화재 조사기법 등의 자료로부터 정확하고 객관적인 전기화재 원인조사를 할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

따라서 전기화재에 대한 원인을 진단하기 위한 방법론으로 과거의 유사한 사례를 이용하여 원인을 진단할 수 있는 사례기반 시스템을 구축할 필요가 있다. 본 연구에서는 전기화재 원인을 진단할 수 있으며 화재 징후와 원인간의 진단업무를 체계화할 수 있는 시스템을 구축하기 위하여 과거의 사고사례를 이용한 사례베이스를 구성하여 DB를 구축하고 원인진단 시스템을 구현하고자 한다. 시스템을 개발하기 위한 도구로는 DB를 구축하기 위해 MS Access 2002를 이용하였고, DB 프로그래밍 언어로 Visual Basic 6.0을 이용하였다.

## 2. 전기화재 사례베이스

### 2.1 전기화재 사례조사 및 분석

원인진단을 효율적으로 처리하는데 필요한 자료를 축적하거나 DB화하기 위해서는 사례 수집 및 분석이 절대적으로 필요하다. 또한 정확한 원인을 진단하고 화재원인을 분석하게 하여 유사한 화재의 재발을 방지할 수 있도록 해준다. 따라서 사례 수집 및 분석은 신뢰성있는 통계를 유지할 수 있으며 유사화재나 동종화재의 재발을 방지하고 예방대책을 수립하는데 중요한 지표로 활용될 수 있다.

본 연구에서 사용된 화재사례에 대한 자료는 일선소방서와 관련 기관에서 사용중인 화재발생종합보고서, 현장조사서, 국과수자료, 문헌 등 최근 자료를 이용하여 자료의 신뢰성을 부여하였다.<sup>1,6,7)</sup> 보고서는 화재조사 체계상의 문제점들로 인해 전문적인 보고와 기록체계가 부족하여 화재원인과 화재징후와의 논리규명에 어려움을 주고 있다. 그러나 그 활용성이 많기 때문에 사고사례에 대한 분석을 통하여 사례기반 DB 및 원인진단에 필요한 지식인 화재장소의 정황과 화재징후와의 관계, 화재징후와 발화원과의 관계를 효율적으로 저장할 수 있어야 한다. 이를 위해서 화재징후와 원인과의 관계를 활용할 수 있고, 자료 수집의 한계를 보완할 수 있으며, 원인을 진단할 수 있는 분류체계를 이용하였다.<sup>4)</sup>

### 2.2 사례베이스

전기화재에 대한 원인을 진단하기 위한 방법으로 많

이 분야에서 사용되고 있는 사례베이스를 이용하였다. 사례베이스는 과거의 유사한 사례를 이용하여 전기화재 원인을 진단하는 토대가 된다. 그리고 사고사례를 이용한 사례베이스는 새로운 화재원인과 일치하는 과거의 원인을 적용하거나 새로운 상황을 설명하는 사례로부터 원인을 진단하기 위해서 기존의 사례를 기반으로 진단하여야 한다. 또한 사례베이스는 지식 획득이 용이하고 사례경험으로부터의 학습, 그리고 유사한 특징을 갖는 사례로 새로운 문제를 해결할 수 있어 적용성이 용이하다.<sup>5)</sup> 수집된 사례와 자료들을 바탕으로 한 사례베이스 구축은 작성자에 따른 용어의 차이점을 보완 및 객관성을 확립하면서 DB를 구축하였다.

## 3. 전기화재 사례기반 시스템

### 3.1 전기화재 DB 모델

전기화재 원인진단에 필요한 많은 수집된 자료들을 효과적으로 이용하기 위해서는 DB 구축이 필요하다. 그리고 DB에 저장된 수많은 자료들은 효율적으로 사용하기 위해서는 DB의 효과적인 운영과 지속적인 업데이트가 가능하도록 원인진단에 적합한 DB의 설계 및 요구사항 등을 필요로 한다.<sup>8,9)</sup> 사례기반 DB 모델을 구축함에 있어서 MS Access와 Visual Basic과의 인터페이스 관계를 프로그래밍하기 위한 흐름도를 Fig. 1에서 보여주고 있다. 먼저 MS Access 프로그램에서 원인진단 시스템의 모형설계를 통하여 속성을 결정하였다. 결정된 속성들은 데이터 타입을 생성하고 이를 통한 개체를 형성하였다. 개체 형성까지는 MS Access의 레코드포 구성되며 DB 파일로서의 역할을 담당하게 된다. 이렇게 구성된 DB 파일은 안정적인 운용이 가능한 최대 20,000개의 레코드가 저장된다. DB 파일은 Visual Basic 프로그램을 통하여 화재징후와 원인과의 관계를 설정하는 데 SQL과 추출연산자를 이용하였다. 설정된 관계는 다시 Visual Basic의 함수와 수식으로

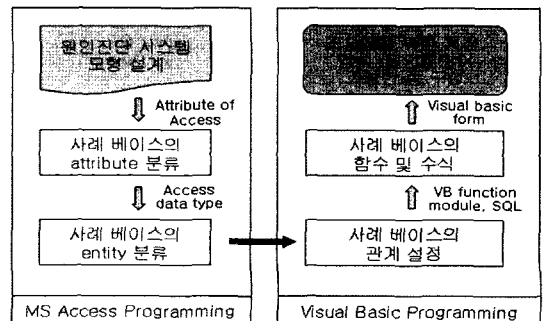


Fig. 1. Description of cause diagnosis DB programming.



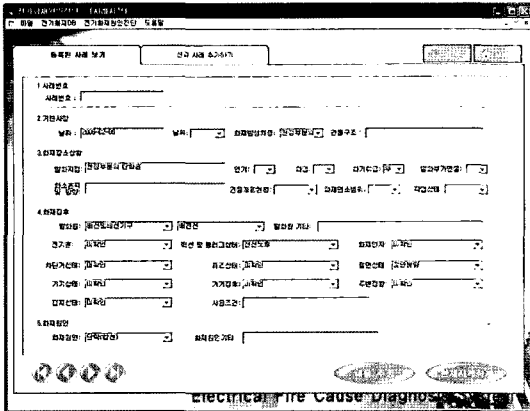


Fig. 4. Window for registered case.

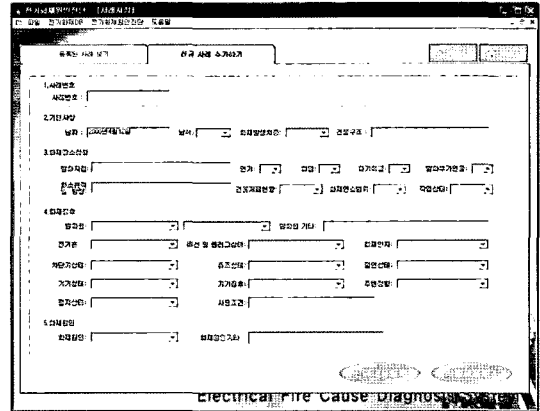


Fig. 5. Window for new case addition.

메뉴는 파일, 전기화재 DB, 전기화재원인진단, 도움말로 구성하였다. 본 시스템의 시작의 메인화면은 Fig. 3에서 보여주고 있으며, 원인을 진단할 수 있는 ‘전기화재 원인진단’과 화재사례를 DB에 축적할 수 있는 ‘전기화재 사고사례 DB’로 구성하였다. 사례기반 전기화재 원인진단 시스템은 저장, 삭제, 검색할 수 있는 DB로서 활용가능한 뿐만 아니라 전기화재 원인진단을 할 수 있는 두 가지의 기능을 갖고 있다. 사례사례 DB는 전기화재 원인조사를 위한 분류체계를 바탕으로 화재현장의 원인조사에 필요한 세부적이고 체계적인 항목들로 구성하였으며, 사고사례에 대한 지속적인 추가 및 수정을 위한 DB의 기능을 부여하였다.

사례베이스를 기반으로 하는 사례기반 추론은 화재 사례의 많고 적음에 따라 진단시스템의 성능을 좌우할 수 있다. 그러나 현재 국내의 사고사례에 대한 정보 공개는 내·외적으로 어려운 현실에 있기 때문에 사례베이스에 사고사례를 추가, 삭제, 수정 등의 DB 기능을 부여하여 지속적인 사례 추가 및 업데이트를 가능하게 하였다.

Fig. 4는 사례베이스의 DB에 등록된 사례를 보여주고 있는 화면이다. 화재조사자의 편리함을 위해 화면 구성은 탭 스트립(Tab strip)의 형태로 등록된 사례보기와 신규사례저장으로 2개의 탭으로 구성하였다. 등록된 사례보기의 경우는 ‘1. 사례번호’, ‘2. 기본 사항’, ‘3. 화재장소상황’, ‘4. 화재징후’, ‘5. 화재원인’으로 5개의 프레임(Frame)으로 구성하여 조사자가 쉽게 해당 사항을 기입할 수 있도록 하였다. 등록된 사례에서 화재감식 중에 새롭게 발견된 내용들을 쉽게 추가하거나 삭제시킬 수 있도록 ‘내용수정’ 버튼과 ‘사례삭제’ 버튼을 구성하였다. 사례 수정 및 삭제를 실행하게 되면 사례베이스의 릴레이션에 저장되며 사례가 수정되거나

삭제되면 릴레이션에 저장된 내용이 수정 또는 삭제된다.

Fig. 5는 사례 DB를 구축하기 위한 신규 사례 추가 화면을 보여주고 있다. 신규사례 추가하기 탭은 화재현장의 감식 증거들을 텍스트나 콤보상자를 이용하여 화재조사자의 용어사용에 있어 객관성을 확립하여 주관적인 판단을 최소화하고 자료축적의 효율성을 높이기 위하여 사용하였다. 입력된 자료들을 저장할 수 있도록 ‘신규내용등록’ 버튼, 신규사례 내용을 기입하는 도중에 잘못 기재한 내용을 취소할 수 있도록 ‘작성내용취소’ 버튼을 삽입하였다. 또한 ‘4. 화재징후’ 프레임은 적용 가능한 모든 감식 징후들을 분류하여 화재조사에 있어서 객관적인 증거자료를 입력할 수 있도록 하였다.

#### 4.2 사례기반 원인진단

전기화재의 원인진단은 사례베이스를 기반으로 화재징후들의 패턴매칭을 통하여 진단을 실시하도록 구성하였다. 패턴매칭은 사례검색 스키마와 유사하며 Fig. 6에서 사례 DB의 사례 검색 스키마 다이어그램을 보여주고 있다. 사례베이스에 저장된 내용에 대하여 필

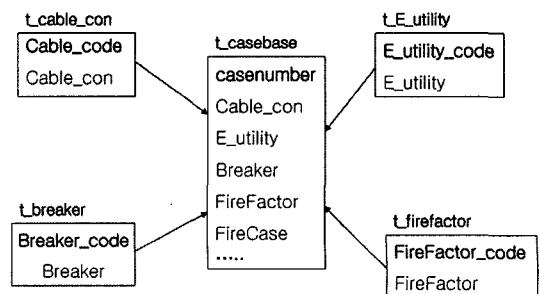


Fig. 6. Schema diagram for search on case base.

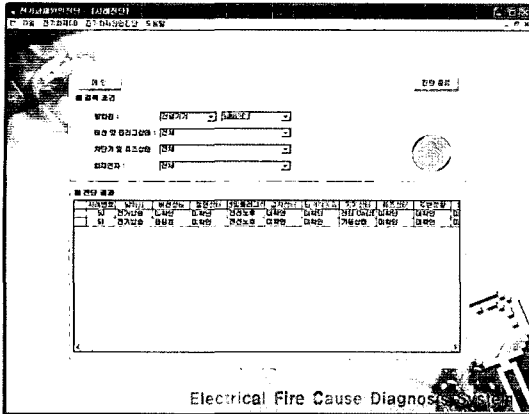


Fig. 7. Result window for search on case base.

드 중 화재징후에 해당하는 부분인 발화원, 차단기 상태, 배선상태, 화재인자를 바탕으로 4개의 릴레이션의 필드에 축적된 자료를 추출하게 되며 추출조건은 사례 DB에서 추출연산자(II)와 합집합형태의 검색조건으로 사용하였으며, 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{사례검색(II)} &= \Pi_{\text{Cable\_con}}(t\_cable\_con) \\ &\quad \text{and } \Pi_{\text{Breaker}}(t\_breaker) \\ &\quad \text{and } \Pi_{\text{E\_utility}}(t\_E\_utility) \\ &\quad \text{and } \Pi_{\text{FireFactor}}(t\_firefactor) \end{aligned}$$

사례베이스에 저장된 사례 중 전기배선에 대한 검색 결과를 Fig. 7에서 보여주고 있다. 검색조건에는 발화원, 배선 및 플러그 상태, 차단기 및 퓨즈상태, 그리고 화재인자로 설정하였으며, 검색결과는 Fig. 5의 '4. 화재 징후' 프레임의 모든 징후들을 도출하여 검색 결과 창에서 보이도록 하였다.

### 4.3 사례연구

전기화재 원인진단을 위한 사례기반 시스템에 대한 진단 결과의 신뢰성과 타당성을 평가하기 위해 사례연구를 하였다. 사례연구는 전기화재 사고사례의 화재징후들을 이용하여 원인 진단을 실시하였다. 본 시스템은 사례기반에 의한 원인진단 결과의 신뢰성을 유지할 수 있도록 전문가의 경험과 다양한 관련문헌 등의 자료들이 저장되어 있으며 화재징후와 원인간의 인과관계를 이용하여 원인진단을 표현하였다.

사례연구는 현재 국내 소방서에서 사용하고 있는 화재발생종합보고서 자료를 이용하였으며, 시스템의 프로그램 구동 및 진단상태를 확인하기 위해 실제 전기화재 사례를 이용하여 다양한 사례연구를 실시하였다. 그 결과 대부분의 사례에서 시스템의 원인진단 결과와

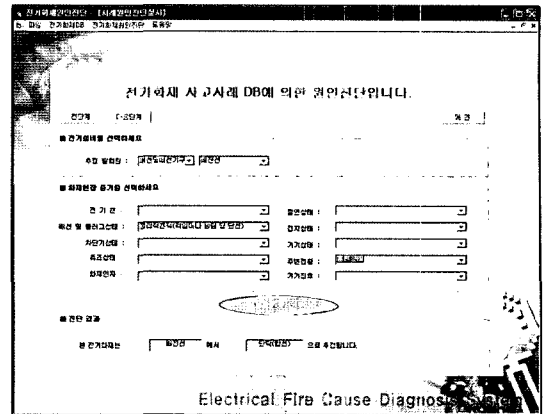


Fig. 8. Short circuit result of the case-based diagnosis for electric wire.

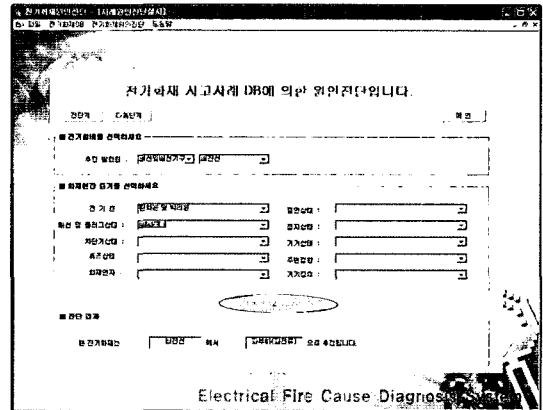


Fig. 9. Overload result of the case-based diagnosis for electric wire.

실제 화재조사보고서 원인이 일치하는 등 우수한 결과를 나타내었다. Fig. 8은 실험실 탁자의 전기배선에 의한 화재로, 화재징후인 '시건상태', '통전상태', '배전선 격임·눌림 등의 흔적'을 토대로 사례기반 진단에 의해 나온 결과는 '단락'으로 추정하고 있으며 화재조사자에 의해 조사된 화재발생종합보고서의 내용과 일치하였다. Fig. 9는 발화원인 배선에서 감식된 화재징후인 '시건상태', '천정부 탄화', '전선노후', '탄화된 전선피복 박리 및 배선의 탄화흔'을 입력하여 진단한 결과 과부하로 진단된 것을 보여주고 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 유사한 특징을 갖는 사례로 새로운 문제를 해결하기 위해 사례베이스를 이용하였으며, 전기화재의 신뢰성 있는 원인진단과 화재사례의 기록·보전

업무를 동시에 해결할 수 있는 사례기반 전기화재 원인진단 시스템 구축하였다.

1) 수집된 자료의 분석 및 그 결과를 기반으로 사고 사례 400여건을 DB화하여 사례 입력 및 수정·삭제 등 시스템의 원활한 동작이 가능한 사례 DB를 구축하였다.

2) 본 시스템의 기능 및 성능을 검증하기 위하여 화재발생종합보고서 등의 사례를 이용하여 다양한 발화원에 대한 사례연구를 수행하였다. 그 결과 원인진단 결과와 실제 조사보고서 상의 화재원인은 대부분 서로 일치하였지만 화재사례 DB의 부족으로 진단을 못하는 경우가 있어 본 시스템의 신뢰성을 높이기 위해서는 많은 화재사례에 대한 DB 구축이 필요하였다.

3) 전기화재 원인과 징후간의 상관성을 구체적으로 제시할 수 있도록 전기화재 조사가 이루어져야 하며 이를 토대로 완벽한 사례베이스를 구축해감으로써 좀 더 합리적이고 신뢰성있는 원인진단이 가능한 시스템으로 발전할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로

수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 화재조사팀 편저, “현장실무자를 위한 화재원인 조사 기법”, 인천광역시 소방본부(2003).
2. 최충석 외 5인 공저, “전기화재공학”, 동화기술(2004).
3. John D. DeHaan, “Kirk's Fire Investigation(5th ed.)”, pp.305-351(2002).
4. 이종호, 김두현, “전기화재 조사를 위한 분류체계 개발”, 한국안전학회지, Vol. 20, No. 3, pp.53-57(2005).
5. G. Dvir and G. Langholz, “Matching Attributes in a Fuzzy Case Based Reasoning”, IEEE, pp.33-36 (1999).
6. 화재보험협회, “전기화재(발생기기별원인)”, pp.24-128 (1979).
7. 東京消防, 新火災調査教本-第3卷 電氣火災編, 東京防災指導協會(2004).
8. S. Abraham, F.K. Henry, and S. Sudarshan, “Database System Concepts”, McGraw-Hill, pp.135-188(2003).
9. 고일석, “비주얼베이직 6 데이터베이스 완벽가이드”, 가남사, pp.778-814(2001).