

전동차 사례기반 전문가 시스템

안 태 기, 박 기 준
한국철도기술연구원

Case-Based Expert System for EMU

Tae-ki, Ahn Kee-jun, Park
Korea Railroad Research Institute

Abstract - EMU, Electric Multiple Unit, is very complicated system that consists of thousand parts. If breakdown happens, work that clears cause in most cases work that clears cause in most cases is very complicated and difficult. Also it needs much times and experts of several parts. Maintenance is depending on know-how of the operator and breakdown that happen before happens often repeatedly because information management and public ownership are not achieved properly about analysis and action result. In this paper we present the case-based expert system for EMU which is able to share this know-how knowledge that data-based systemically with another operator.

1. 서 론

전문가 시스템은 인공지능의 한 분야로서, 1960년대 중반부터 AI Community에서 다루어졌다. 전문가 시스템에 대한 정의는 다양하지만 일반적으로 특정한 영역에서 복잡한 문제를 해결하기 위하여 전문가가 수행하는 절차를 묘사하는 컴퓨터 프로그램이라고 할 수 있다. 이러한 정의에 의하면 전문지식은 인간에서 컴퓨터로 이동될 수 있으며, 컴퓨터 내에 적절한 형태로 저장될 수 있다. 또한 사용자가 필요한 경우 이러한 지식과 관련된 내용을 컴퓨터에 언제든지 요구할 수 있다. 컴퓨터는 이러한 요구에 따라 컴퓨터 저장소에 저장된 내용을 기반으로 현재 요구사항에 가장 적합한 결론을 추론하여 사용자에게 제공한다. 또한 사용자가 요구하는 경우에는 추론결과와 함께 추론결과가 나오기까지 거쳤던 모든 절차도 함께 제공해 줄 수 있다. 전문가 시스템은 과거의 전통적인 방법으로 해결하기 어려운 다양한 문제에 대하여 강력하고 유연한 방법을 제공해 줄 수 있다.

그동안 전문가 시스템은 의학분야의 MYCIN에서부터 컴퓨터 설계분야의 XCON에 이르기까지 다양한 분야에서 성공적으로 적용되고 있으며, 컴퓨터의 발전과 더불어 그 적용분야가 점점 더 넓어질 것으로 보인다. 전문가 시스템의 응용분야는 설계, 진단, 평가, 의사결정 등 다양한 분야가 될 수 있으며, 특정한 영역별로 해당 전문가시스템을 구축하고 있다.

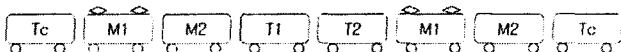
전동차 분야의 전문가 시스템은 매우 제한적으로 개발이 진행 중이다. 김현준 등[1]은 웹기반의 전문가 시스템에 대하여 프로토타입을 구현하였으며, 김진평 등[2]은 규칙기반 추론 시스템과 사례기반 추론시스템을 결합한 혼합형 추론엔진에 대하여 제안하였다. 전동차는 1량이 수 만 가지의 부품으로 이루어진 복잡한 시스템으로 8량 또는 10량 단위 차량이 하나의 편성을 이루어 운영되는 대형 시스템이다. 전동차는 한꺼번에 많은 사람을 수송하는 대형 시스템으로 운행 중 고장이 발생하는 경우 사회적으로 많은 비용 손실을 발생하게 된다. 그러므로 고장시 신속한 복구와 요구되고 있으며, 정확한 고장원인을 밝혀 유사 고장의 반복을 최소화 하여야 한다. 그러나, 위에서 설명한 바와 같이 전동차 시스템은 복잡한 대형 시스템으로 고장 발생시 원인을 밝히기가 쉽지 않다. 또한 대부분의 유지보수 작업들이 작업자들의 노하우에 의존하고 있어 작업자의 능력에 따라 유지보수의 질이 달라질 수밖에 없다. 전동차의 신속한 고장 복구와 정확한 고장원인 파악을 위해서는 숙련된 전문가의 노하우가 절대적으로 필요하다.

이를 위하여 본 논문에서는 전동차 유지보수 작업에 필요한 노하우 및 지식을 효율적으로 제공하기 위하여 사례기반 전동차 전문가 시스템의 구현 방법에 대하여 설명한다.

2. 본 론

2.1 전동차 시스템

전동차는 일반적으로 각 고유의 기능을 수행하는 몇 개의 차량들이 모여 하나의 편성을 이루어 전동차의 종합적인 기능을 수행하는 대형 시스템이다. 그림 1은 8량 1편성에 대한 전동차의 구성도를 나타낸 것이다.



<그림 1> 전동차 8량 1편성 구성도

그림 1에서 보는 바와 같이 전동차의 종류를 크게 나누면 제어차(Tc), 동력차(M: M1, M2), 부수차(T: T1, T2)로 구분할 수 있다. Tc차는 운전실

이 있고 동력을 갖지 않는 차량이고, M차는 운전실이 없고 동력을 가진 차량이며, T차는 운전실과 동력을 모두 갖지 않는 차량이다. 이러한 차량들은 각각 기능을 수행하기도 하지만 일반적으로 1편성 단위로 이루어져 완벽한 기능을 수행하게 된다. 즉, 전동차는 상호 통신 및 제어신호를 통하여 종합적인 기능을 수행하고 있으므로 그 중 어느 하나의 기능에 이상이 발생하더라도 제대로 된 기능을 수행하기 어렵다. 이러한 문제를 분석하고 해결하기 위하여 지난 수 년 동안 고장영향분석(FMEA: Failure Mode and Effect Analysis), 고장트리분석(FTA: Failure Tree Analysis) 등에 대한 연구를 진행하고 있으나, 현재까지 현장에서 적용할 만큼의 결과는 나오지 못하고 있다. 또한 전동차에 대한 구조를 파악하기 위하여 가장 기본적인 정보로 사용할 수 있는 BOM(Bill of Material)에 대한 연구도 진행 중에 있으며, 유지보수를 위한 BOM 구축이 활발하게 진행 중이다.

현재 국내 도시철도 운영기관에서는 전동차를 유지보수하기 위하여 계획을 수립하고, 수립된 계획에 따라 일반적인 절차에 의하여 유지보수 작업을 수행한다. 만약 전동차 고장이 발생한 경우 실제적으로 고장원인을 밝히는 것이 매우 어려우며, 고장원인을 밝히기 위해서는 많은 분야의 전문가와 상당한 기간의 시간이 필요하다. 그 원인은 위에서 설명한 바와 같이 전동차 기구, 전기, 전자, 컴퓨터, 통신, 제어 등 다양한 분야와 수많은 부품으로 이루어져 있어 상호 연관 관계를 파악하는 것이 매우 어렵기 때문이다. 근래에 도입되는 전동차는 모두 전자화, 컴퓨터화 되어 감시 및 제어가 대부분 소프트웨어와 통신, 제어 신호에 의하여 이루어지고 있다. 컴퓨터화된 전동차가 많은 양의 정보를 사용자와 작업자에게 제공하고 있음에도 불구하고, 정보의 정제가 이루어지지 않고 있어 이러한 정보를 이용하여 고장원인을 분석하는데 한계가 있다.

전동차 전문가 시스템을 구축하기 전에 전동차의 유지보수 작업은 다음과 같은 특성을 가지고 있으며, 전문가시스템 설계시 이러한 특성을 잘 고려하여 야 한다.

1. 전동차는 편성단위로 기능을 수행하며, 한 편성을 구축하고 있는 부품의 수는 수십개가 될 수 있다.
2. 전동차의 유지보수는 크게 검수, 정비로 나누어져 있으며, 사용자별, 업무별 시스템에 요구하는 정도가 틀리다.
3. 전동차의 종류가 다양하고, 시간이 지날수록 각 편성마다 구조 변경이 일어날 수 있으며 다른 형태의 고장 형태를 가진다.
4. 전동차의 제작 및 유지보수 작업이 대부분 수작업으로 이루어지고 있어, 품질에 대한 관리가 어렵다.
5. 전동차에 대한 지식의 축적이 어렵고, 대부분의 유지보수 업무를 작업자의 노하우에 의존하고 있다.
6. 유지보수 업무에 대한 노하우를 개인별로 공개하기를 거부하는 경향이 강하다.
7. 전동차의 개조 및 수리가 동시에 이루어지지 않으며, 각 편성별로 계획에 의하여 개별로 이루어진다.

2.2 전문가 시스템

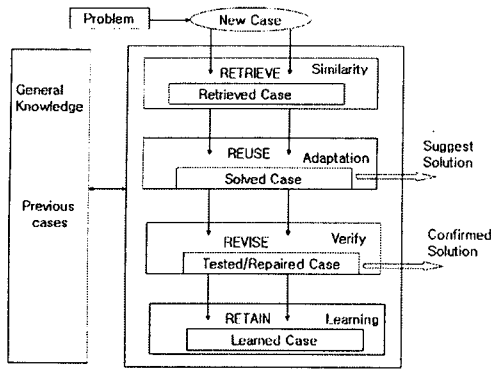
전문가 시스템은 추론엔진에 따라 크게 규칙기반 시스템과 사례기반 시스템으로 나누어진다. 최근에는 이러한 두 시스템을 혼합한 혼합형 시스템도 제안되고 있다[2].

규칙기반 추론(RBR; Rule Based Reasoning)을 이용한 전문가 시스템은 전문가의 경험적인 지식들을 규칙화하여 지식표현 기법에 따라 표현하고, 발생된 문제에 대해 적용 가능한 규칙을 추출하여 추론과정을 진행한다. 그러나, 지식에 대해서 일반화된 규칙을 정의하기 힘든 상황에서는 이러한 방식을 적용하기가 힘들며, 전문가로부터 지식을 획득해야 하므로 지식의 확장성에 한계를 나타내고 있다. 이러한 규칙기반 시스템의 한계를 극복하기 위하여 전문가들의 실제 사례를 이용하여 추론시스템을 구축하는 사례기반 전문가 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

2.2.1 사례기반 전문가시스템

사례기반 추론(Case-Based Reasoning) 시스템은 규칙기반의 한계를 극복하기 위하여 개발되었다. 전문지식을 If-then 으로부터 표현하던 이전의 규칙기반 접근 방법과는 달리 사례기반 시스템은 지식들이 사례들로 그룹화되고 저장될 수 있도록 한다. 즉, 사례기반 시스템은 주어진 새로운 문제를 위하여 전문가들의 실제 사례를 이용하여 추론시스템을 구축하는 사례기반 전문가 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

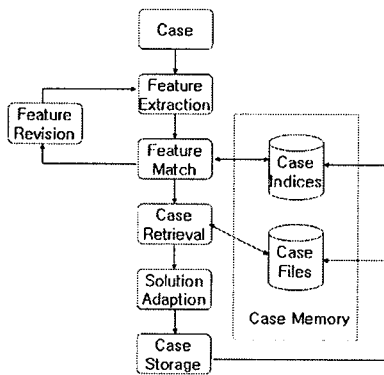
해 가는 기법이라고 할 수 있다[3]. 그림 2는 사례기반 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.



〈그림 2〉 사례기반 시스템 구성도

그림 2에서 검색부(Retrieval)는 새로운 문제에 대해 기존의 사례와 비교하여 동일하거나 유사한 사례를 찾아내서 이용할 수 있도록 하는 일을 한다. 사례집에 있는 사례를 빠르게 검색하기 위해서는 색인화가 필수적이다. 재사용부(Reuse)는 검색된 유사한 사례들을 이용하여 문제 해결에 적용하는 일을 한다. 수정부(Revise)는 검색된 사례가 현재 입력된 문제에 그대로 적용할 수 없는 경우에 가장 유사한 사례를 이용하여 수정하는 일을 한다. 저장부(Retain)는 확인된 해결안이 사례집에 저장되는 단계로 지식을 습득하는 일을 한다.

그림 3은 일반적인 사례기반의 절차를 나타낸다.



〈그림 3〉 사례기반 시스템의 문제해결 절차

그림 3에서 보는 바와 같이 사례기반 시스템의 문제해결 절차에는 네 가지 주요 사항이 있다. 첫째, 어떠한 문제가 발생했는지에 대한 주요 특징을 결정짓는다. 이러한 특징은 한 개 또는 여러 개의 유사한 사례들을 사례집에서 검색하기 위하여 사용된다. 둘째, 특징들에 대하여 색인화하고 사례집 내에 유사한 사례가 있는지 검색한다. 셋째, 검색된 사례들을 대상으로 현재 문제에 가장 유사한 사례를 찾기 위하여 사례 유사도를 측정한다. 넷째, 측정 후 유사도가 가장 높은 사례를 선택하고, 이 사례가 현재 문제를 해결할 수 있는 지 검증한 후, 문제 해결을 위한 해답으로 사용한다.

2.2.2 사례기반 전동차 전문가 시스템

전동차를 유지보수 하기 위한 전문가 시스템을 구축하기 위해서는 다른 분야와 마찬가지로 전동차에 대한 많은 지식이 필요하며 이러한 지식을 정제하고 지식베이스를 구축하는 것이 필요하다. 그러나 위에서 설명한 바와 같이 전동차의 유지보수를 위한 전문가 시스템은 그 범위가 너무 방대하여 쉽게 구축할 수 있는 문제가 아니다. 일반적으로 전문가 시스템은 전문가로부터 지식과 그 문제를 풀기 위한 방법을 추출하고, 지식수집과 지식표현이라고 불리는 지식의 체계화 작업을 수행하는 과정을 거쳐야 한다.

그러나, 국내 도시철도 운영기관에서 보유하고 있는 정제된 지식의 양이 거의 없으며, 작업 현장의 특성상 사례를 수집하기가 어렵다. 또한 고장원인이 원인불명으로 나타나는 경우가 많으며, 고장이 난 후 자동으로 복구되는 경우도 생긴다. 이러한 특성상 전동차를 유지보수 하기 위하여 일반적인 규칙을 생성하여 작업자에게 해결책을 제시하는 것에는 한계가 있다. 또한 전동차의 고장시 운영기관의 분야별 종사자에 따라라도 신속한 복구를 최우선으로 생각하는 경우도 있고, 시간이 소요되더라도 정확한 고장원인을 찾아내는 것을 최우선으로 생각하는 경우도 있다.

2.1절에 살펴본 바와 같이 전동차 시스템은 복잡하고 지식을 수집하기 어려운 환경이므로 초기에는 규칙기반의 시스템 보다는 사례기반의 시스템이 현장에 적용하기에는 더욱 적합한 것으로 생각된다. 사례기반 시스템은 추

론자가 해답을 수집하는 데 필요한 시간을 줄여줌으로써 문제에 대한 해답을 즉시 도출해 줄 수 있고, 추론자가 완전히 이해하지 못한 분야에 대해서도 해답을 제시해 줄 수 있다. 또한 해답을 평가할 수 있는 적절한 알고리즘이 존재하지 않을 때에도 평가의 수단을 제시해줄 수 있으며, 사례는 제대로 정의되지 않은 개념을 정의하는데 있어서도 유용하다. 사례기반 시스템은 지식의 습득이 비교적 용이하므로 이러한 사례기반 시스템을 이용하여 전동차의 전문가 시스템을 구축할 수 있다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 사례기반의 전동차 전문가시스템의 프로토타입을 웹환경에서 사용할 수 있도록 구현하였다. 현재 구현된 사례기반의 전동차 전문가 시스템은 전문가가 가지고 있는 경험 및 비정형성 문제를 사례로 기억하여 문제가 주어지면 사례집에서 가장 유사한 사례를 추출하여 그 결과를 직접 또는 부분적으로 이용할 수 있도록 하였다.

전문가 시스템들을 실제적으로 현장에 적용하여 사용하기 위해서는 충분한 사례가 필요하지만 현재 시스템에서 사용할 수 있는 운영기관의 사례는 거의 없는 실정이다. 그러므로 구현된 시스템은 현장에서 발생하고 있는 사례에 대한 충분한 수집을 하기 위하여 사례수집 중심으로 구현되었다. 구현된 시스템의 주요 화면은 작업자에 의하여 등록된 고장내역을 조회하는 화면과, 조회된 고장내역 중 사례로 입력해야 할 대상을 사례집에 입력하는 화면, 사용자가 사례집에서 사례를 검색하기 위한 검색화면, 검색이 수행된 후 사용자에게 결과를 알려 주는 결과화면으로 구성되어 있다.

그림 4는 사용자가 사례를 검색하기 위하여 사용하는 검색화면이다.

〈그림 4〉 사례 검색 화면

이상과 같이 구현된 사례기반 전문가 시스템은 사례집 내에 사례들을 수집하기 위한 시스템과 새로운 사례가 발생한 경우 사례집 내에서 유사도를 측정하여 가장 유사한 사례를 찾아내는 시스템을 중심으로 구현되었다. 그러나 사례기반 전문가시스템은 사례가 증가할수록 검색속도가 느려질 수 있으며, 유사도 측정 시에도 수치데이터 처리 등 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 전동차 사례기반 전문가 시스템은 구현된 시스템을 기반으로 다음과 같은 사항을 고려하여 개발되어야 한다.

- 사례들에 대한 색인화 방안
- 색인화 및 검색시 수치 데이터에 대한 처리방안
- 사용자와 시스템간 인터페이스 방안
- 사례기반 시스템과 규칙기반 시스템의 연계방안
- 추론엔진에 대한 향상 방안

3. 결 론

본 논문에서는 전동차를 위한 전문가 시스템 구현에 대하여 사례기반 추론 방식을 중심으로 제안하였으며, 전동차 사례기반 전문가시스템을 구현하기 위해 필요한 사항에 대하여 제시하였다. 전동차의 사례기반 전문가 시스템은 현재 국내 운영기관에서 운영하고 있는 전동차 유지보수 작업환경에 대하여 규칙기반 시스템 보다 현실적으로 접근할 수 있는 방법이며, 그러나, 실제 현장에 적용하기 위해서는 해결해야 할 문제가 많이 남아 있다. 특히 노하우의 비공개 경향 문제, 전문가 시스템을 위한 사례들의 색인화 문제, 색인화 및 검색시 수치 데이터의 처리 문제, 사례집의 효율적인 관리 문제, 추론시스템에 대한 향상 문제 등 해결해야 할 문제점들이 많이 남아 있다. 현재 구현된 시스템은 운영기관에서 유지보수에 대한 지식을 축적할 수 있도록 유지보수 작업에서 발생한 결과들을 이용하여 사례들을 하나하나 축적할 수 있도록 구축된 시스템이다. 이러한 시스템이 바로 현장 사용자들이 이용할 수 있기 위해서는 보다 많은 지식의 축적이 필요하며, 이러한 지식의 축적은 전문가와 지식공학자, 사용자, 시스템 개발자 등이 협력하여 추진하여야만 가능한 일이다. 향후 전동차 전문가 시스템은 개발된 시스템을 기반으로 현장에서 효율적으로 사용할 수 있도록 단계별 적용계획에 따라 개발하고 현장에 적용해 나가야 한다.

[참 고 문 헌]

[1] 김현준 외 5명, "웹 기반의 도시철도 전문가시스템 개발에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집, 제 13권 5호, pp. 163-170, 2005년
 [2] 김진평, 이길재, 김문현, "진단시스템을 위한 혼합형 추론엔진", 한국인공지능학회 2005년 춘계학술대회 논문지, 2005년
 [3] Bing Chiang Jeng and Ting-Peng Liang, "Fuzzy Indexing and Retrieval in Case-Based System", Expert Systems with Applications, Vol.8 No. 1, pp. 135-142,1995