

TDX-1A 고장진단 전문가 시스템을 위한 효율적인 지식획득에 대한 연구

김 승희*, 이 태원**, 임 영환*
한국전자통신연구소*, 고려대학교 전자전산기공학과**

A Study on the Effective Knowledge Acquisition in the TDX-1A Fault Diagnosis Expert System

Seunghee Kim*, Taewon Lee**, Younghwan Lim*
Electronics and Telecommunications Research Institute*, Korea University**

Abstract

This paper describes an effective knowledge acquisition method in the fault diagnosis expert system for the electronic switching system TDX-1A. The knowledge acquisition procedure consists of the knowledge collection, the fault diagnosis modeling and the knowledge representation. Furthermore, to improve the performance of the knowledge bases with rule and frame representation, we showed the knowledge base checking methodology by using redundancy and inconsistency check algorithm.

I. 서론

전문가들은 그들이 보유한 경험과 지식에 의해 일반인과는 달리 특수분야에서 뛰어난 능력을 발휘하는데 이러한 전문가는 그 수효가 적고 양성하는데 많은 시간과 비용이 소요되며 전문가를 이용하는 데는 여러가지 제약조건이 따르게 되므로 특정분야의 전문가의 능력을 자동화하는 것과 문제해결 방법 및 과정을 스스로 설명하는 기능을 채택한 전문가의 지적능력을 발휘할 수 있는 전문가 시스템을 구축하여 전문가의 지식을 값싸게 널리 보급시키는 이득을 얻고자 많은 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있으며 여러 전문가 시스템이 개발되어 성공적으로 이용되고 있다.

또한 교환기 운용보전에 있어서도 보전요원이 교환기로 부터 출력되는 메시지를 검색 및 분석하여 고장진단을 수행하는 기존의 방식에서 살펴볼때, 복잡한 구조와 정교한 동작을 수행하는 교환기의 모든 상태정보를 출력하기가 용이하지않고 정확한 고장진단을 하기 위해서는 전문지식과 운용경험이 필요하며 실제로 문제발생에 대한 정보는 대부분이 고장현상에 따라서 요청된다.

그러므로 전문가 시스템 개발의 세계적인 추세와 더불어 문제해결을 메시지분석 뿐만아니라 기계발전된 TDX-1A 기술자원 활용 및 전문가의 현상에 따른 고장진단 과정을 지식베이스화한 TDX-1A 고장진단 전문가 시스템을 개발하는 것은 상당히 필요한 일이라고 사료된다.

따라서 본고에서는 전자지식 교환기 TDX-1A 시스템의 고장진

단을 위한 전문가 시스템 개발시 필요한 지식베이스를 구축하기 위한 지식수집을 한 결과와 고장진단을 하기 위한 모델링 및 지식을 어떻게 표현할 것인가와 표현된 지식의 특성을 고려한 지식베이스 점검에 의한 기능 향상에 대한 방법론을 제시하였다.

II. TDX-1A 고장진단 전문가 시스템

1. 기능

TDX-1A 시스템은 최대 10,000 가입자 수용시 약 2,000개의 회로팩이 필요하며 하나의 회로팩은 약 50-200개의 소자로 구성되어지므로 항상 어느정도의 부품들이 고장상태에 있게되어 크고 작은 고장들을 유발시키며, 교환기에서는 자체 신뢰도를 높이기 위하여 고장진단이나 자동복구를 수행하는 프로그램을 내장하여 운용보전에 관한 정보인 고장 및 상태메시지를 출력하도록 하나 출력메시지가 교환기의 모든 상태정보를 표시하는 것은 불가능하며 단순히 하나의 메시지를 해석하여서는 정확한 고장원인을 찾기 어려울 뿐만아니라 관련 메시지를 종합하여 정확한 고장분석을 하기 위해서는 상당한 전문지식과 현장에서의 운용보전 경험이 요구되므로 이를 지원하여 주는 기능을 제공하는 전문가 시스템이 필요하게 되었다.

그러므로 한국전자통신연구소에서 개발하고 있는 통신망용 구성하는 설비에 대한 감시, 진단, 제어등의 기능을 갖는 전문가 시스템인 인공지능 다용도 감시제어 시스템(ICS:intelligent surveillance & control system)¹⁾과 보전용 메시지를 수집 저장 검색 및 원격 맨머신컴퓨터통신(man machine communication) 기능을 제공하는 전자교환기 집중보전 시스템(CSMS:centralized switch maintenance system)을 이용한 TDX-1A 고장진단 전문가 시스템은 현장 보전요원의 경험과 교환기 전문가의 지식을 프로그래밍 하여 교환기의 고장진단을 부분적으로 자동화하여 주고 현장 운용요원의 고장분석을 전문가 입장에서 지원하여주는 기능을 제공한다.

2. 구성

TDX-1A 고장진단 전문가 시스템의 구성은 그림1과 같이 CSMS접속부, 지식처리부, 사용자접속부로 이루어지며 CSMS접속부는 전위프로세서로 이용할 CSMS와의 인터페이스를 담당하게 되는데 CSMS가 갖는 메시지수집, 데이터베이스 기능, 시스템과

각종 자원의 상태 및 시험기능에 따른 결과를 고장진단시 이용하도록 해주고 지식처리부는 CSMS로 부터 입력된 정보를 지식 베이스내에 저장되어 있는 전문지식을 이용하여 분석하여주는 모듈로서 고장원인과 위치를 찾아내고 대책을 제시하며 사용자접속부는 교환기 운용요원이나 전문가들이 손쉽게 전문가 시스템을 이용할 수 있도록 편리한 맨머신인터페이스 기능을 제공한다.

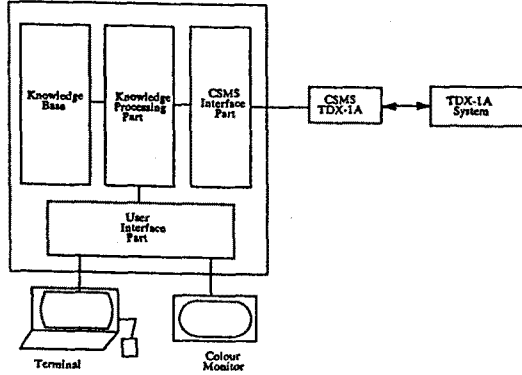


그림1. TDX-1A 고장진단 전문가 시스템 구성도

III. 지식수집 및 표현

1. TDX-1A 지식수집^[3]

TDX-1A 인증시험 요령안은 시스템이 제공하는 기능들을 시험하는 절차들로서 발생될 수 있는 고장현상에 대한 지식을 얻으며 TDX-1A 명령어 기술문서는 시스템, 프로세서, 디바이스, 회선등의 상태조사 및 기능시험을 수행하는 명령어들로서 목록을 만들어 메뉴구동방식으로 사용하고 TDX-1A 출력메시지 기술문서는 맨머신컴퓨터통신 명령어 수행결과에 따른 메시지들이며 시스템 구조^[9]와 구성요소들과의 연관기능 및 시스템 제한요건에 관한 지식과 고장의 유형에 따른 고장발생시 어떻게 고장진단을 할것인가와 각 고장 유형별 원인규명 및 조치에 필요한 지식등이 있다.

2. 지식표현

인공지능 응용을 위한 대표적인 도구의 하나인 KEE (Knowledge Engineering Environment)를 사용하며 KEE에서는 프레임을 지식표현의 기반으로 하고 있는데, 프레임은 객체나 사건을 나타내고 이들 서로간에는 계층적관계가 존재하여 상속이 가능하나 순수한 프레임만으로는 규칙이나 절차적지식을 자연스럽게 표현할 수 없으므로 규칙과 리스트(list)를 혼용할 수 있는 복합형 지식표현 방법을 제공한다.

프레임은 표현된 대상의 성질을 규정짓는 각 슬롯들과 대상들 간의 관계를 나타내는 링크들로 구성되며 각 슬롯은 다시 웨이실(facet)들로서 이루어진다.

(1) 링크형태

지식의 계층적조직을 위해 필요하며 상위계급(superclass)은 타입간 동급의 일반화를 나타내고 하위계급(subclass)은 타입간 동급의 특수화를 나타내며 소속계급(memberof)은 실제의 개별적 대상들에 대한 분류를 나타내고 구성요소(member)는 주어진 분류에 속하는 실제의 개별적 대상을 나타낸다.

(2) 슬롯형태

상속되어지는 슬롯과 상속되어질 수 없는 슬롯이 존재하는데 오운슬롯(own slot)은 어떠한 프레임내에서도 나타날 수 있으며 프레임에 의해 표현되는 대상이나 분류 자체의 성질을 기술하므로 상속되지 않고 멤버슬롯(member slot)은 분류를 나타내는 프레임에만 나타나며 해당 분류 자체의 성질이 아닌 분류의 구성 요소에 대한 성질을 기술하므로 상속한다.

(3) 웨이실

각 슬롯은 그슬롯을 표현하기 위한 다수의 속성 즉 슬롯이름, 슬롯값, 상속방법, 가능한 값의종류와 설명문등을 나타낸다.

또 하나의 지식표현 방식인 규칙은 IF 조건부 THEN 실행부의 형태로 이루어진다.

IV. 고장진단 모델

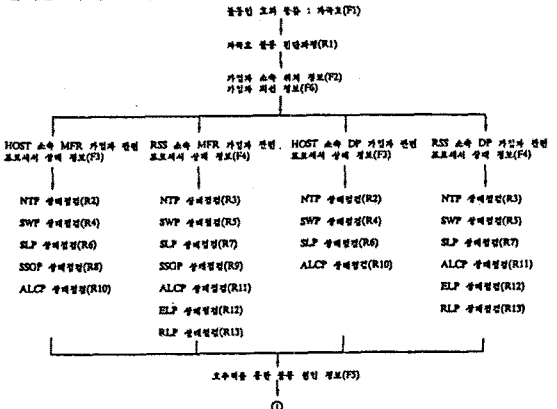
1. 고장진단 모델링

본고에서는 기본적으로도 중요하며 직접 개발에 참여한 호처리 기능인 자국호, 출중제호, 입중제호가 정상적으로 수행되지 못하는 경우에 전문가가 어떠한 절차를 수행하여 고장원인 및 위치를 찾아내는가에 대해서 기술한다.

즉 고장유형에 따른 가입자나 증계선의 소속 및 관련된 프로세서의 상태를 점검하고 호추적을 이용한 호시도에 따른 고장현상에 의한 분석을 하는데 이를 위해 절차적인 지식을 표현하는 규칙 67개와 규칙이 처리하는 사실과 관련한 지식인 프레임 17개가 사용된다.

2. 자국호 고장진단 모델링

그림2와 같이 자국호 불통 통보를 받으면 개발자는 맨머신컴퓨터통신 명령어를 이용하여 발신과 착신가입자가 본체에 소속되어 있는지 원격교환장치에 소속되어 있는지의 위치를 파악하여 이에 관련된 프로세서의 상태를 조사하여 이때 프로세서가 비정상상태이면 정상적인 자국호 처리기능이 수행될 수 없으므로 비정상상태인 프로세서를 보고하도록 하며 관련된 모든 프로세서가 정상적이면 호추적 기능과 자국호 호통도를 참조하여 자국호를 수행한 후 구체적인 불통현상을 알아내도록하고 이현상에 의한 가입자와 자원의 상태에 대한 정보를 맨머신컴퓨터통신 명령어를 이용하여 상태점검 및 각종 시험기능을 수행하여 얻어내고 전문가인 개발자들의 고장진단을 수행하는 지식과 경험을 조합하여 고장의 원인규명과 위치를 추정하도록 하는데 자국호 고장진단에는 규칙 32개와 프레임 10개가 사용된다.



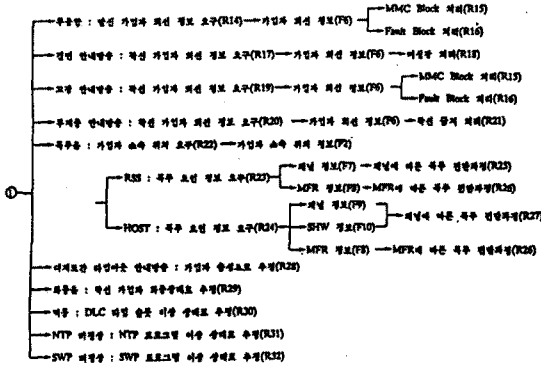


그림2. 자국호 고장진단 모델링

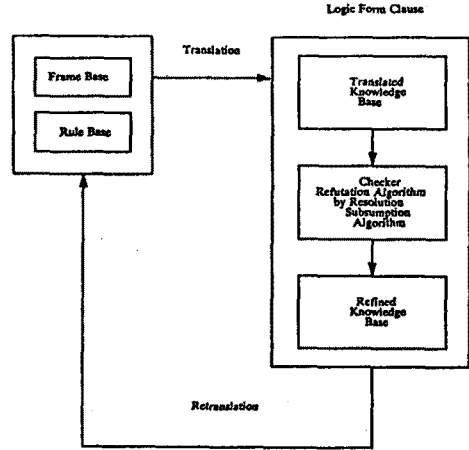


그림3. 지식베이스 점검 구현 방법

V. 지식베이스 점검

1. 지식베이스 점검

지식베이스가 상반되는 지식을 갖게되는 경우에는 아무리 빠른 추론엔진을 가진 지식기반 시스템일지라도 신뢰성있는 지식기반 시스템을 개발할 수 없으므로 상충을 일으키는 지식들이 지식베이스내에 존재하는지를 검사하여 일치성을 갖도록 유지하는데, 지식획득시 지식베이스에는 여러가지 문제가 생길 가능성이 많고 이를 자동적으로 해결할 뿐만아니라 지식의 양질화를 위해서 모아진 지식으로부터 중복성을 제거하며 일치성을 검사하는 방법이 요구되므로 지식베이스 점검기능이 필요하게 되었다.

그리고 이러한 검사를 보다 확실하고 용이하게 수행하기 위하여 논리를 기반으로한 검사방법을 택하는데 그이유는 오랫동안 연구되어온 논리기반 검사의 이점들을 살릴 수 있기 때문이며, 프레임과 규칙에 대한 지식베이스 점검 알고리즘들은 그검사대상이 되는것이 클로즈드(clause)들로 되어있으므로 이에대한 정리(theorem)로 볼 수 있으며 지식베이스 점검이란 이러한 정리를 증명하는 과정이다.

2. KEE 변환을 위한 선행 조건

효율적인 지식베이스 점검을 위해 논리를 기반으로한 검사방법을 택하는데, KEE의 지식베이스는 프레임과 규칙에 의해 표현되어 있으므로 이를 먼저 논리형태로 바꾸어주는 작업이 선행되어야하며 이를 프레임과 규칙을 구분해서하는 이유는 이들 각각의 지식표현 방법이 서로 상이하고 따라서 각각에 존재하는 중복성의 형태도 서로 다르다는 사실에 기인한다.

3. 지식베이스 점검의 구성

지식베이스 점검은 그림3.과 같이 지식베이스를 규칙 클래스(rule class)와 프레임 클래스(frame class)로 바꾸어주는 변환부분, 동일한 프레임들을 제거하고 포함(subsumption)에 의한 중복성을 조사하는 중복성(redundancy) 점검부분과 주어진 지식베이스의 불일치성을 조사하는 불일치성(inconsistency) 점검부분으로 이루어지는데, 중복성이 있는 지식베이스의 불일치성 점검을 하면 불필요한 작업을 하는 수가 있으므로 중복성 점검은 불일치성 점검 이전에 꼭 행해져야 한다.

4. 프레임 구조의 지식 점검^{[4][5]}

(1) 중복성 점검

하나의 클래스 프레임내에 존재하는 중복성이란 하나의 클래스

프레임의 내부에 중복되는 슬롯이 있는 경우이며 이런 종류의 중복성은 인스턴스(instance) 프레임에 대해서는 고려할 필요가 없는데 그이유는 인스턴스는 특정 클래스의 구조를 그대로 반영하므로 클래스에 이러한 중복성이 없다면 그 클래스의 인스턴스에도 당연히 그러한 중복성은 존재할 수 없기 때문이다.

두 프레임간에 존재하는 중복성이란 어떤 두개의 프레임이 동일한 정보를 표현한다면 중복성이 발생하므로 필요한 하나만 남기고 제거해야하고 이러한 형태의 중복성은 두개의 프레임이 클래스이나, 인스턴스이나에 따라 구분되며 클래스에서 정의되어진 데이터슬롯과 해당 클래스에 상속되어질 수 있는 모든 슬롯들이 두개의 클래스 프레임에 대해 동일하다면 이러한 두 클래스는 동일하므로 중복성이 발생하게되고 하나의 클래스로 바꾸어야하며, 두개의 인스턴스의 중복성 여부를 검사할때 서로 다른 클래스의 인스턴스는 해당 클래스가 동일하지 않은한 명백히 동일할 수 없으므로 동일한 클래스에 속하는 두개의 인스턴스에 대해서만 중복성 여부를 따지게되는데 이러한 중복성은 두개의 인스턴스에 대해 모든 슬롯이 동일한 값을 가지는 경우에 발생한다.

상속링크(inheritance link)에 존재하는 중복성이란 상속경로의 중복성을 말하는데 특정 두 프레임간의 링크가 다른 링크에 의해 연결될 수 있으면 그 링크는 중복성을 가지며 이러한 중복된 링크를 제거하여도 전혀 상속성이 손상되지 않는다.

(2) 프레임 계층구조의 사이클 점검

프레임들간의 상속성을 나타내는 계층구조가 사이클릭하게 존재한다면 두 프레임간의 상위계급과 하위계급 관계를 구분할 수 없게되고 따라서 하위계급의 값은 상위계급의 값을 오버라이트하여 상속성의 기본법칙이 무너지게되며 지식베이스는 처리 도중에 무한루우프에 빠질 우려가 있다.

(3) 다중상속시 모호성 점검

하나의 프레임은 여러개의 상위계급을 가지는 것이 허용되는데 이때 각 상위계급으로부터의 상속으로 인하여 모호성이 생길 수 있으며 모호성이 발견되었을때는 어떤 상위계급으로부터의 상속도 받지않도록한다.

(4) 슬롯값의 제한조건 점검

KEE에서 프레임의 각 슬롯들은 여러가지 슬롯들의 특성을 기술하는 웨이실들을 가지고 있는데 이중 값 클래스(value class)는

그슬롯이 가질 수 있는 값의 제한조건을 나타내는데 지식베이스 내의 어떤 프레임의 슬롯이 정의된 값 클래스에 속하지 않으면 지식베이스는 불일치하게 된다.

5. 규칙 구조의 지식 점검¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

(1) 충돌 규칙 점검

추론과정에 상반되는 결론을 유도할 수 있는 규칙들로서, 확실한 충돌규칙은 지식베이스내의 규칙들 사이에 명백한 모순이 존재하는 경우로서 사실적 지식간의 불일치, 두 지식간의 불일치와 연역에 의한 불일치등이 있으며 잠정적 충돌규칙은 규칙간에 모순이 되지 않는 경우도 있지만 어떤 상황에서는 모순이 발생하는 경우의 규칙이다.

(2) 수행되지 않는 규칙 점검

어떤 상황에서도 수행될 수 없는 규칙이다.

(3) 순환 규칙 점검

지식베이스내의 규칙들간에 사이클이 존재한다면 추론을 해나가는 도중에 시스템이 무한루우프에 빠져드는 경우가 생기며 어떤 규칙이 구동되기 위한 전제가 되는 부분을 그규칙 자체의 결론 부분에 가지고 있다면 이규칙은 순환체인(circular chain)에 포함되어 있다고 하며 연계성(connectivity)이 있을때에도 순환체인을 형성한다.

VI. 결론

시스템 구현은 개발중인 ISCS 환경하에서, 지식베이스에 본은 문에서 기술한 지식들을 추가하고 KEE 형태로 표현된 지식베이스 입력식 지식베이스 점검기능을 구현하되로서 보다 양질의 정제된 지식을 사용할 수 있게되며 여기서는 표현된 지식들이 고장현상에 따라서 어떻게 연동되어 고장원인 추정과 대책을 제공하는지만을 제시하였다.

전문가 시스템의 성공여부를 좌우하는 핵심분야인 지식획득 단계인 지식수집, 고장진단 모델링, 지식표현 및 지식베이스 점검을 전전자식 디지털 교환기 TDX-1A의 고장진단을 위한 전문가 시스템 개발에 적용하여 보았는데 즉 교환기의 전문가인 개발자나 운용자들이 문제에 당면 했을때 어떠한 절차를 통하여 문제를 해결하는지에 관한 경험 및 지식과 개발된 여러가지 시험기능과 출력메시지 및 각종 시스템 구조와 제한 사항등에 관한 지식을 추출하여 KEE에서 제공하는 프레임이나 규칙으로 표현하고 고장증상에 따른 진단을 수행하였다.

아울러 이러한 지식표현의 특성을 분석하여 지식베이스의 중복성과 불일치성을 제거할 수 있는 알고리즘을 수행하는 지식베이스 점검을 하면 지식베이스의 성능을 향상시키고 추론시 보다 빠른 시간내에 정확한 결과를 제공하여 줄 수 있겠다.

그리고 여기서 교환기의 전문야를 다룬다는 것은 너무 방대하고 많은 시간과 노력이 필요하므로 호처리기능 위주로 제한하였으나 앞으로 지식베이스 추가보완 및 수정, 지식베이스 점검 구현, 맨머신인터페이스 및 효율적인 추론전략을 실현하여 계속적으로 향상시켜 실용화 단계에 도달한다면, 현재 국내 및 해외로 수출될 TDX-1A 시스템 유지보수에 경제적인 면에서나 기술적인 면에서 많은 기여를 할 수 있을것으로 예견된다.

참고 문헌

[1] T.A.Nguyen, W.A.Perkins, T.J.Laffey & D.Pecora, "Checking an Expert Systems Knowledge Base for Consistency & Completeness", In Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1985, pp.375-378

[2] A.Ginsberg, "A New Approach to Checking Knowledge Bases for Inconsistency & Redundancy", In the Third Annual Expert System in Government Conference, 1987, pp.102-111

[3] David S. Prerau, "Knowledge Acquisition in the Development of a Large Expert System", The AI Magazine, Summer 1987, pp.43-51

[4] Richard Fikes & Tom Kehler, "The Role of Frame Based Representation in Reasoning", Communication of ACM, September 1985, pp.904-920

[5] G. Brewka, "The Logic of Frames with Exceptions", Proceedings of the Frame Problems in AI, 1987, pp.77-87

[6] M.Suwa, A.C. Scott & E.H. Shortliffe, "An Approach to Verifying Completeness and Consistency in a Rule-Based Expert System", The AI Magazine, Fall 1982, pp. 16-21

[7] Tin A. Nguyen, Walton A. Perkins, Thomas J. Laffey, and Deanne Pecora, "Knowledge Base Verification", The AI Magazine, Summer 1987, pp.69-75

[8] 임영환, "인공지능 응용도 감시제어 시스템 개발에 관한 연구", 한국전자통신연구소 Technical Memo, 1987

[9] 유환영, "시스템 개요", 한국전자통신연구소 전자통신지 TDX-1 특집, 1986, pp.8-20