

인공지능 다용도 감시제어 시스템 개발에 관한 연구

林 永 煥
(한국전자통신연구소실장)

■ 차 례 ■

1. 서 론	(1) 진단 지식
2. 인공지능 다용도 감시제어시스템	(2) 절차적 지식
3. 가입자 선로 고장 진단	나. 문제 해결 방식
가. 가입자 선로 모형	(1) 고장원인 추론과정
나. 이용데이터	(2) 부가정보 도출과정
다. 고장진단 과정	5. 구 현
(1) 신고접수 및 가입자정보수집	가. 구형방법
(2) 고장원인분석	나. 하드웨어 구성
(3) 고장원인 재분석	다. 소프트웨어 구성
(4) 고장원인 세분화	(1) 추론기관
(5) 고장지점 추정	(2) 지식베이스
(6) 고장진단 결과 처리	(3) 망 접속부
4. 고장진단 지식의 표현	(4) 사용자 접속부
가. 지식의 종류	6. 결 론

1 서 론

인공지능 기술을 이용하려는 시도가 여러분야에서 이루어 지고 있다. 특히 '70년대부터 연구가 활발하여진 전문가 시스템을 통신망 응용관리 분야에 적용하려는 노력이 '80년대에 들어 활발히 시도되고 있으며 현재 많은 시스템이 실용화 단계에 도달하고 있다. 통신분야에서 전문가 시스템 기술이 적용가능한 영역으로 다음과 같은 것들이 있다.

- 감시 및 진단(Monitoring and Diagnosis)
일반적으로 전문가 시스템이 가장 많이 개발

되고 있는 영역으로서, 센서에 감지된 데이터나 관측된 사실로부터 통신망 구성요소의 고장을 탐지하고 고장원인과 위치를 추론하는 분야이다.

이러한 기능을 갖고 있는 전문가 시스템으로 ACE, COMPASS, SMART 등이 있다.

- 설 계(Design)
요구된 성능을 갖을 수 있는 통신망 구조를 디자인하고 "What if" 분석을 하여 주는 분야이다.
- 계 획(Planning)
제시된 제약조건을 만족하는 일련의 활동들을

설계하거나 이들의 최적 조합을 찾는 것을 의미한다.

통신 시설물 또는 기기의 확장계획, 아날로그에서 디지털 기기로의 전환, 통신서비스의 향상을 위한 신규 투자 계획 등이 이의 응용분야이다. GTE의 MARVEL은 이러한 분야를 지원하기 위한 전문가 시스템의 한 예이다.

- 제어(Control)

복잡한 통신망에서 실시간 제어 기능을 제공하는 것을 의미하는데, 통신설비에서 발생하는 고장관련 데이터를 감시하고 분석하며 서비스 복구를 위하여 제약조건에 따른 제어 작업을 수행한다.

미국의 경우, 통신망 운용관리분야에 컴퓨터를 이용하기 시작한 것은 '70년대 미니컴퓨터가 보급되면서 부터이다. 통신망 운용자들을 지원하기 위하여 대부분 실시간 처리용 미니컴퓨터를 이용하여 개발된 통신망 운용지원 시스템(Operations Support System)들은 원격데이터 및 정보수집, 각종 파일관리 및 통계작성등의 기능을 제공하여 주고 있다. 즉 원격데이터의 집중 수집기능과 데이터베이스 관리기능이 이들 제 1 세대 운용보전시스템들의 주요기능으로, 통신망보전요원들은 이들 기능의 도움을 받아 복잡한 고장분석과 제어 작업을 수행하게 된다.

그러나 숙련된 보전요원은 많지 않은 상태이며, 점차 새로운 통신설비들이 등장함에 따라 경험많은 요원들이 신규설비의 보전작업에 투입됨으로써 이들이 갖고 있는 경험지식의 유실을 초래, 현장에 사용중인 기존의 설비운용에 충분한 지원을 할 수 없게 된다.

또한 신규통신망 설비들은 복잡한 구조를 갖고 있기 때문에 운용보전작업에 참여하는 요원들의, 고급화가 요구되고 있어 신규투입 요원이 어느 정도의 기량을 갖기까지는 오랜 교육과 경험이 수반되어야 한다. 이러한 문제점에 대처하기 위하여 고급 전문요원의 지식을 프로그램화하여 과다한 전문요원의 수요를 감소시키려는

노력의 일환으로 인공지능 기술, 특히 전문가 시스템 기술을 이용한 운용보전 시스템들이 등장하고 전반적인 연구동향을 살펴보면 그 동안에는 주로 고장 진단 분야의 전문가 시스템이 개발되고 발표되었는데, 점차 제어 및 망관리분야에 대한 연구도 진척되고 있다. 통신망 운용 관리에 대한 전문가 시스템 연구개발이 가장 활발한 곳으로는 ATT의 Bell Lab과 GTE연구소 등으로 보여진다.

Bell Lab에서는 ACE, NEMESYS 등을 개발하였고 GTE에서는 COMPASS, NEMESYS, MARVEL 등을 발표하였다. 이외에도 SMART를 개발한 BCR과 IBM 연구소, 학교 등지에서도 통신망 분야의 인공지능 적용에 대한 연구개발이 이루어 지고 있다.

그 동안 발표된 전문가 시스템을 소개하면 다음과 같다.

1) ACE (Automated Cable Expertise)

ACE는 통신망 분야의 전문가 시스템으로서 가장 먼저 알려진 대표적인 시스템으로 Bell Lab에서 개발되었다. 가입자와 교환기 사이의 케이블 선로에 대한 유지보수를 지원하는 시스템으로서, 케이블의 고장 위치에 대한 분석 뿐만 아니라 고장 예측 기능도 갖고 있다.

ACE는 케이블 보전 전문가의 경험지식을 보유하고 있으며, 케이블 데이터를 수집 저장한 데이터 베이스 관리 시스템인 CRAS (Cable Repair Administration System)의 데이터를 하루 한번 씩 검색하여 그 내용을 분석하여 준다. R1/XCON의 영향을 많이 받은 ACE는 Franz lisp와 OPS 4 로 구현되었으며 하드웨어는 초기의 실험 시제품은 VAX 11/780 을 최근의 실용시제품은 ATT의 3B2마이크로 컴퓨터를 사용하고 있다. 1982년에 이미 현장 시험에 들어갔던 ACE는 현재는 실용화 단계에 도달한 것으로 보여진다.

2) COMPASS (Central Office Maintenance Printout Analysis and Suggestion System)

COMPASS는 GTE Lab에서 개발한 교환기 유지보수용 전문가 시스템으로서, GTE의 No. 2 EAX 전자교환기로부터 나오는 출력 메시지를 수집 저장하는 RMCS(Remote Monitor and Control System)의 출력 결과를 분석하여 주고 대책을 제시하는 기능을 갖고 있다. COMPASS의 문제 해결 단계를 보면 다음과 같다.

- 고장 메시지의 그룹을 분류한다.
- 각 그룹의 메시지를 분석하여 가능한 고장 종류를 결정한다.
- 가능한 고장원인들의 발생 확률을 추정한다.
- 고장 복구를 위하여 제시될 수 있는 가능한 보전작업들을 결정한다.
- 제시된 작업들의 우선 순위를 정한다.
- 권고사항을 제시한다.

Xerox Lisp Machine 상에서 KEE로 구현된 COMPASS는 1년 정도의 개발 기간과 현장시험을 거쳐 '85년부터 현장에서 운용중에 있으며 확장된 비전을 추가로 개발중에 있다.

3) SMART

SMART는 BCR(Bell Communications Research)에서 개발하였으며 ATT의 NO. 1A 전자교환기에 대한 고장 진단 전문가 시스템이다. BCR에서는 전체 통신망의 감시와 분석을 위하여 NMA(Network Monitoring and Analysis) 시스템을 개발 중에 있는데, 이 NMA는 다양한 통신망 요소들에 대한 운용업무를 지원하기 위한 것으로 데이터 베이스, 시험, 보고서 작성 등의 기능을 갖고 있다.

SMART는 NMA를 구성하는 한 부분으로 통합될 예정인데, No. 1A교환기의 운용 보전 지원업무를 맡고 있는 BOC(Bell Operating Company)기술 지원 센터 내 보전 전문가의 경험 지식을 프로그래밍하였다.

Xerox Lisp Machine 상에서 S.1으로 개발되었던 SMART는 현재는 NMA의 워크스테이션으로 설계된 Unix Co-processor가 내장된 IBM PC-AT에서 C버전으로 변환되어 사용되고 있다.

4) NEMESYS at Bell Lab

NEMESYS란 이름을 가진 전문가 시스템이 Bell Lab과 GTE에서 각각 개발되고 있다.

Bell Lab와 NEMESYS(Network Management Expert System)은 장거리 통신망의 관리를 위한 전문가 시스템이다. 장거리 통신망이 폭주 등으로 인하여 과부하 상태이거나 고장 등의 요인으로 통신 서어비스에 문제가 발생하였을 때 그 원인을 분석하고 자원의 재배당을 통한 신속한 복구 제어가 이루어져야 한다.

ATT에서는 통신망 운용관리를 지원하기 위하여 다수의 미니 컴퓨터로 구성된 NEMOS(Network Management Operations Support) 시스템을 이미 도입하여 데이터 처리와 그래픽 표시기능 등을 제공 받고 있다.

NEMESYS는 NEMOS를 이용하여 통신망을 관리하는 운용 전문가의 역할을 대신 수행하는 것을 목표로 삼고 있다. '85년말 실험 제품이 완성될 예정으로, 빠른 시간내에 개발 타당성을 검토하기 위하여 LISP Machine와 KEE를 개발 도구로 사용하고 있다.

5) NEMESYS at GTE

COMPASS의 영향을 받아 개발된 GTE의 NEMESYS는 GTD-5 EAX 전자교환기(GTE사 제품)의 스위칭 네트워크 고장을 진단하여 고장 부위를 검출하고 사후 대책을 제시하여 주는 전문가 시스템이다.

COMPASS와 같은 문제 해결 방식을 갖고 있으며 개발 도구도 Xerox Lisp Machine과 KEE를 사용하였다.

'86년도 현재 전문가 시스템 개발 중의 구현 단계(수집분석된 지식을 지식베이스에 코딩하는 단계)에 도달하고 있다.

6) 기 타

통신망 관리를 위한 전문가 시스템 개발이 Bell Lab의 NEMESYS 외에도 GET Lab, IBM Watson 연구 센터 등지에서 연구되고 있다. IBM에서 개발중인 SIENA는 관계형 DBMS와의 접속에 역점을 둔 시스템으로 통신망

표 1 통신망 운용관리분야의 전문가 시스템

시스템 구분	ACE	COMPASS	SMART	NEMESYS
적 용 분 야	가입자 케이블 유지보수	GTE No. 2 FAX 교환기 유지보수	ATT No. 1A 교환기 유지 관리	장거리 통신망 관리
개 발 기 관	Bell Lab	GTE Lab	BCR	Bell Lab
전원시스템	CRAR	RMCS	NAM	NEMOS
S/W 도구	OPS 4	KEE	S. 1	KEE
현 단 계	실용화	시험운용 및 개선	시험운용	시제품개발

관리 분야에 두루 적용할 수 있는 Shell 개발을 목표로 하고 있다.

2] 인공지능 다용도 감시제어시스템

한국전자통신연구소에서 개발중인 인공지능 다용도 감시제어시스템 (ISCS; Intelligent Surveillance and Control System)은 통신망을 구성하는 설비에 대하여 감시, 진단, 제어 등의 기능을 갖는 전문가 시스템으로서, 다용도로 이용가능한 시스템 개발을 목표로 하고 있다.

현재 프로젝트의 목표로서는 전자교환기 및 가입자망 유지보수용 전문가 시스템 개발에 두고 있는데, 개발된 시스템은 지식베이스 내용의 추가와 통신망 인터페이스 부분의 변경만으로 다른 통신망 설비들에도 확장이 용이하도록 개발할 예정이다.

ISCS가 대상으로 하고 있는 전자교환기는 매우 복잡한 시스템 구조를 갖고 있다. 한국전자통신연구소에서 개발한 전전직식 교환기 TDX-1의 경우 10,000가입자를 수용할 때 약 2,000개의 회로팩으로 구성되며, 하나의 회로팩은 다시 50~200개 정도의 소자로 이루어져 있다.

또한 교환기에는 다량의 가입자선과 중계선이 연결되어 있어 더욱 복잡한 구조를 갖게하고 있다.

그런데 이들 부품들은 100% 신뢰할 수 있는 것은 아니므로 방대한 규모를 갖는 시스템으로서 항상 어느 정도의 부품들은 고정상태에 처하게 되며, 이로 인하여 시스템 동작에 크고 작은 고장을 유발시키고 있다. 일반적으로 전자교환기들은 자체 신뢰도를 높이기 위하여 고장진단이나 자동복구를 수행하는 프로그램을 내장하고 있으며 운용보전에 필요한 정보를 고장 및 상태 메시지로 출력한다.

한국전자통신연구소에서 개발한 전자교환기 집중보전시스템 (CSMS; Centralized Switching Maintenance System)은 이와같은 보전용 메시지를 수집저장하고 검색하는 데이터 베이스 기능과 정보발생, 통계, 보고서작성등의 기능을 제공하고 있다. 따라서 교환기 보전요원은 CSMS의 기능을 이용하여 메시지를 검색하고 고장원인을 분석하여 이에 대한 대책을 수립하게 된다. 그러나 교환기의 출력메세지에 복잡한 구조를 갖고 정교한 동작을 수행하는 교환기의 모든 상태정보를 표시하는 것은 불가능하다. 따라서 하나의 메세지를 기계적으로 해석하여서는 정확한 고장원인을 찾는데 실패할 가능성이 높으며, 관련메세지를 종합하여 정확한 고장분석을 하기 위하여는 교환기에 대한 상당한 전문지식과 현장에서의 운용보전 경험이 요구되고 있다. ISCS는 이와같은 현장보전요원의 경험과 교환기 전문가의 지식을 프로그램화하여 교환기

의 고장진단을 부분적으로 자동화하여 주고 현장 운용요원의 고장분석을 전문가 입장에서 지원하여 주는 기능을 제공하는 전문가시스템으로 개발되고 있다.

현재 개발중인 시스템은 국내에서 사용 중인 전자교환기중 TDX-1 교환기와 No. 1A 교환기 및 가입자 선로를 유지보수 대상시스템으로 삼고 있다.

1A용 지식베이스 등으로 구성되어 있으며, 타 교환기나 통신설비에 대한 지식베이스도 손쉽게 추가할 수 있도록 설계하였다.

사용자 접속부는 교환기 운용요원이나 전문가들이 손쉽게 ISCS를 이용할 수 있도록 편리한 인간-기계 인터페이스 기능을 제공한다.

ISCS 터미널은 키입력을 최소화하고 그림을 이용한 메뉴선택방식으로 명령이나 데이터 입력

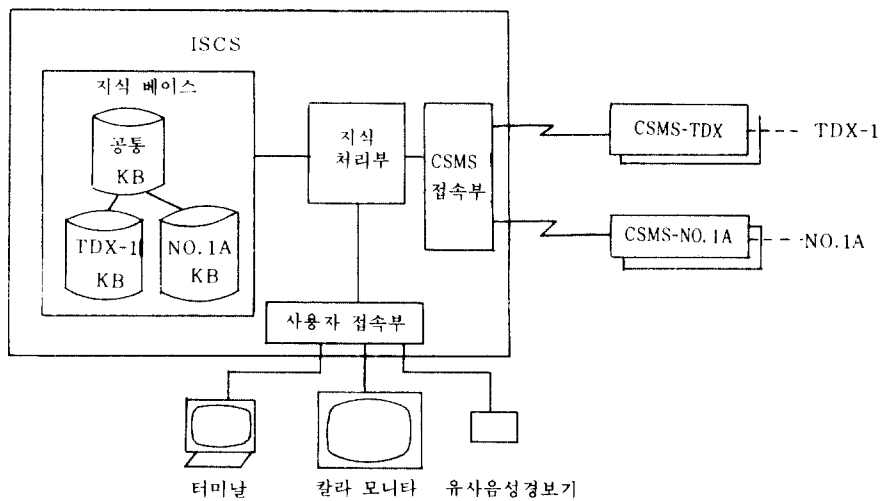


그림 1 ISCS 구성도

ISCS의 구성을 보면 크게 CSMS 접속부, 지식처리부, 사용자 접속부 등으로 이루어져 있다. CSMS 접속부는 ISCS 전위 프로세서로 이용할 CSMS와의 인터페이스를 담당하게 되는데 CSMS가 갖는 메시지 수집과 데이터 베이스 기능을 ISCS가 이용할 수 있도록 하여 준다.

이렇게 함으로써 ISCS는 대상교환기와 직접 접속되는 것이 아니라 CSMS를 통하여 간접적으로 교환기의 메시지 데이터를 활용하게 된다. 지식처리부는 CSMS로부터 입력된 메시지를 지식베이스내에 저장되어 있는 전문지식을 이용하여 분석하여 주는 모듈로서 고장원인과 위치를 찾아내고 대책을 제시하는 기능을 갖는다.

ISCS 지식베이스내에는 교환기 기종과 무관한 공통지식베이스, TDX-1용 지식베이스, NO.

을 가능케 하며, 다수의 윈도우를 이용한 다양한 종류의 정보를 같은 화면에 표시할 수 있게 한다. 또한 칼라 그래픽 모니터를 이용한 정보 및 교환기 구조에 대한 그래픽 표현도 제공할 예정이며 유사음성 경보장치도 연구중에 있다.

일반적으로 인공지능 시스템을 개발하는 전략은 기존의 소프트웨어 공학방법론과는 다르다고 알려져 있다.

완전한 시스템스펙을 미리 결정하여 모듈별로 나누어 개발하는 기존의 Top-down Structured 개발방법은 문제 영역에 대한 정보가 완전하지 못하고 심지어 요구자체가 계속 변하여 가는 복잡한 인공지능 대상문제에 대하여 적용하기에는 적합치 않다. 따라서 인공지능 시스템 개발시에는 빠른 시간내에 간단한 시제품(Prototype)을

개발하여 문제에 대한 파악과 타당성을 검토한 후 만족할 만한 성능을 얻을 때까지 반복적으로 지식베이스를 수정하고 확장하는 점진적인 방법 즉, "Rapid Prototyping and Iterative Development" 전략을 사용하고 있다.

ISCS 개발에 있어서도 이와같은 Prototyping 전략을 채택하여 '86년도에 통신망 운용보전의 대표적인 분야의 하나인 가입자 선로를 대상으로 고장진단용 시제품을 개발하였다.

1차 시제품의 대상으로 가입자 선로 고장진단을 선택한 이유는 기존의 가입자 시설 집중보전 시스템(SLMOS:Subscriber Loop Maintenance and Operation System)을 이용하여 비교적 용이하게 고장진단에 필요한 기초데이터를 수집할 수 있었고, 문제영역이 너무 복잡하지 않아서 적은 시간내에 통신망 분야에 대한 인공지능 기술 적용의 타당성을 시험할 수 있기 때문이다.

3 가입자 선로 고장 진단

가. 가입자 선로 모형

가입자 선로는 전화국내의 MDF(Main Distribution Frame)로부터 가입자시설까지의 선로를 의미하며 이는 Tip 선과 Ring 선으로 구성되어 있다.

가입자 선로 모형의 전기적 특성을 대략적으로 도시하면 그림 2.1과 같으며 이 회로의 특성은 직류, 교류전압, 저항, 용량(Capacitance)

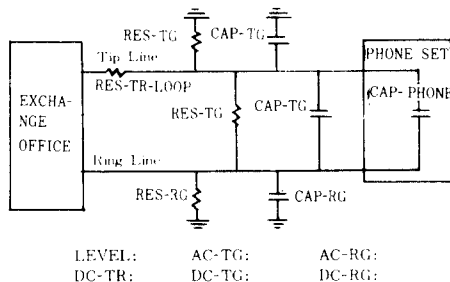


그림 2-1 가입자 선로 모형

레벨(Level)과 같은 파라메타들에 의해 결정된다. 이 파라메타들은 전화국 시험실 내에 위치한 가입자 선로 시험기로부터 얻어질 수 있으며 고장원인을 판정하는 기초적인 데이터로 사용된다.

나. 이용 데이터

고장 진단 과정 중 이용되는 데이터는 고장유형을 가성하기 위해 사용되는 데이터와 이를 입증하기 위해 사용되는 측정 데이터 및 고장 위치 추정을 위해 사용되는 데이터 베이스 자료 등이 있다.

- 고장 증상(가입자 신고)
- 선로 시험기의 측정 값
- 가입자 정보(고장 이력, 시설 정보)

다. 고장 진단 과정

현장 요원이 가입자로 부터 고장을 접수하여 고장 원인을 추정할 때까지의 고장 진단 과정을 단계별로 분류하여 보면 그림 2.2와 같다.

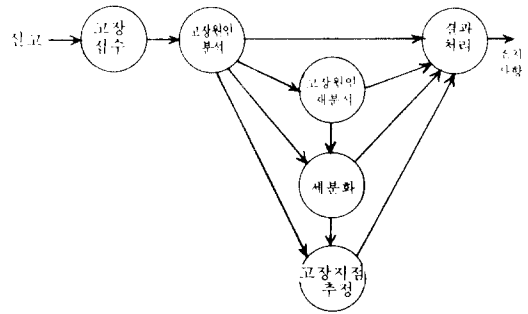


그림 2-2 가입자 선로의 고장 진단과정

(1) 신고접수 및 가입자 정보수집

가입자가 고장을 신고하면 전화국내 시험실요원은 신고를 받으면서 고장 증상과 가입자에 대한 고장이력등의 정보를 수집한다.

(2) 고장원인 분석

신고된 고장증상으로부터 발생가능한 몇개의

고장원인들을 설정하고 이를 확인하기 위해 선로 시험기를 이용, 필요한 파라메타들을 측정한다. 측정된 선로 특성 데이터와 가입자 시설 정보 등에 의거하여 선로의 고장원인을 결정한다.

(3) 고장 원인 재분석

고장원인 분석단계에서 선로의 상태가 양호하다고 판단되면 가입자 선로를 제외한 가입자 시설(예: 전화기)이나 전화국 내부(교환기와 MDF 측)의 고장으로 간주하고 이에 따라 필요한 시험을 수행한다.

(4) 고장원인 세분화

분석된 고장원인을 세분화할 필요가 있는 경우, 좀더 상세한 고장으로 세분화 하게 된다. 고장에 따라 필요한 시험을 추가적으로 수행하여 고장을 세분화하거나 고장 등급을 결정하고, 한 종류의 고장에서도 고장 정도의 심각성에 따라 등급이 결정된다.

(5) 고장 지점 추정

고장 지점 추정이 가능하거나 요구되는 고장일 경우 고장지점을 추정하게 된다. 몇가지 측정 데이터로부터 고장위치를 가입자 선로상의 고장과 그외 지점의 고장 측, 전화국 내부나 가입자 시설측의 고장으로 분류한다. 또한, 습관성고장이나 재발 가능성이 높은 고장은 가입자 고장 이력을 참고하여 진단결과와 동일한 고장이 존재할 경우 그 발생위치를 참조한다. 고장 위치정보는 추후고장처리시 큰 영향을 미친다.

(6) 고장 진단 결과 처리

선로상의 고장이 아닌 가입자 시설의 문제로 판정이 났을 경우 운용자와 가입자간에 대화를 통한 시험을 수행하여 최종 고장원인을 찾거나 가입자에게 경고음을 송출하므로써 고장원인을 해결한다.

4 고장진단 지식의 표현

전화국 시험실의 가입자 선로 고장진단 전문

가와의 인터뷰를 통해 현장 경험을 수집분석한 지식과 기존 선로 시험기 내에 내장된 고장판정 알고리즘을 토대로 지식 베이스를 모델링하였다.

가. 지식의 종류

(1) 진단지식 (Diagnosis Knowledge)

고장진단을 위한 순수한 Domain 지식을 나타낸다.

진단지식에는 FF형 (Finding-to-Finding Type), FH형 (Finding-to-Hypothesis Type), HH형 (Hypothesis-to-Hypothesis Type) 등 세가지 형태가 있는데 이는 Clancey로 분류 문제해결방식 (Classification Problem Solving)의 데이터추출 (Data Abstraction), 경험적 부합 (Heuristic Match), 정제 (Refinement)에 각각 대응된다 할 수 있다.

(가) 사실로부터 사실을 추론하는 지식: FF형

관측된 사실이나 측정된 데이터로부터, 직접 새로운 사실을 도출하는 확정적 지식이다.

(예) 전화기가 외제이면 전화기 용량은 0.4 μF 이다.

(나) 사실로부터 가설을 추론하는 지식: FH형

이미 확인된 사실로부터 가설을 도출하는 지식으로 전문가들의 경험지식이 이의 대표적인 형태이다.

- 신고된 증상으로 부터 가능한 고장원인 들을 추정하는 지식

(예) 신고자가 본인이고 고장증상이 불통이면 고장원인이 Ring선 단선이거나 양선 단선일 것이다.

- 측정된 선로시험 데이터와 가입자 시설 정보로부터 고장원인을 추론하는 지식

(예) Tip 선과 Ring선 사이의 용량 값이 전화기 용량값 보다 작고 양선 사이의 절연 저항 값이 정상범위이면 고장원인은 단선이다.

- (다) 가설로부터 새로운 가설을 추론하는 지식 : HH 형
- 가설과 가설 사이의 추론을 나타내는 지식으로 일반적으로 확인된 사실과 추론된 가설로부터 새로운 가설을 생성하는 형태이다.
- 추론된 고장원인과 측정 데이터로부터 세분화된 고장원인을 생성하는 지식
- (예) 고장원인이 지기(Ground)이고 절연 저항값이 200 ~ 800Kohm에 존재하면 고장 종류는 Minor Ground이다.
- 추론된 고장원인과 선로시험 데이터 또는 가입자 시설 데이터로부터 고장지점을 추정하는 지식
- (예) 고장원인이 재발 가능성이 높은 고장이거나 습관성 고장이고 가입자 고장이력 중 동일한 고장이 존재하면 고장지점은 고장이력에 기재된 위치와 동일할 것이다.
- 추론된 고장원인에 따라 대책을 제시하거나 자동조치를 취하는 지식
- (예) 고장 원인이 혼선이고 고장지점이 가입자 시설에 근접하여 있으면 수화기 방치 경고음(Howler Tone)을 송출한다.

성이 부정되면 이미 검사한 원인을 제외한 나머지 모든 고장 원인에 대하여 가설을 생성 확인하는 과정을 다시 거친다.

b) 데이터 요청 지식

추론 과정 중 필요한 데이터를 사용자나 선로 시험기에 요청하는 지식

(예) 고장원인이 단선일 것이라는 가설이 세워지면 이를 입증하기 위한 데이터로써 Tip, Ring 간의 용량값과 절연 저항값이 사용되므로 이를 얻기 위해 선로 시험기로 데이터를 요청한다.

나. 문제 해결 방식

가입자 선로고장에 대하여 추론하는 과정은 크게 두가지로 대별된다. 즉 고장원인을 찾아내는 과정과 찾아낸 고장원인에 대하여 수리에 필요한 부가적인 정보를 도출하여 내는 과정이다. 후자의 경우 고장원인의 세분화, 고장지점, 조치사항 등이 추가적으로 추론된다.

각 과정에서 적용되는 지식형태와 추론된 중간 결과가 그림3.1에 나타나 있다.

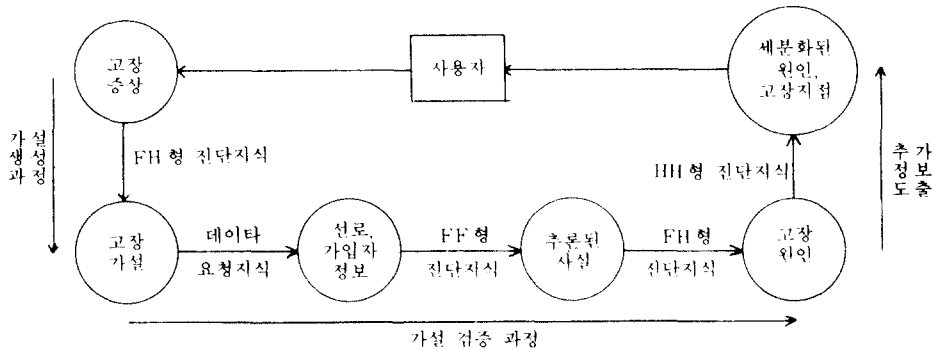


그림3-1 고장원인 추론 과정

(2)절차적 지식(Procedural Knowledge)

a) 추론 절차 제어 지식

순수한 고장진단 지식이 아니고 진단과정을 제어하기 위한 방법상의 지식을 말한다.

(예) 가설 생성 확인 단계에 의하여 모든 과

(1)고장원인 추론과정

a) 문제해결 전략

이 과정에서 이용되는 일반적인 문제해결 방식은 가설생성확인(Generate and Test) 방법이다. 고장 증상과 가입자로부터 얻은 정보에 의

하여 가능성 있는 고장원인들을 생성하고 이들을 차례로 확인하여 나간다. 이때 기본적인 원칙으로

- 가능성 높은 고장부터 확인한다.
- 복수 고장 가능성을 고려하여 생성된 가설(1~5개)을 모두 확인한다. 그러나 가입자선로 고장 진단의 특성상 다음과 같은 방법들이 추가된다.
- 서로 배타적인 가설이 동시에 생성되어 있는 경우 어느 한쪽이 확인되면 다른 가설은 자동적으로 폐기된다.
- 모든 가설이 실패하면 신고된 고장증상이 부정확한 것으로 간주하여 나머지 종류의 고장원인을 새로운 가설로 상정하고, 이를 확인하는 과정을 되풀이 한다.

b) 추론방법

- 사용자 인터페이스를 통하여 입력된 고장증상에 FH형 진단지식을 적용하여 고장원인에 대한 가설을 생성한다.
- 생성된 가설에 데이터 요청을 위한 절차적 지식을 적용, 선로시험기에 필요한 선로 특성값을 측정하게 한다. 측정된 선로 특성값은 해당 Frame에 저장한다.
- 선로시험 데이터와 가입자 정보에 FH형 진단지식을 적용하여 고장원인을 찾아낸다. FH형에 적용되는 가입자 정보는 FF형 진단지식을 먼저 적용하여 도출된 정보일 수 있다. 또한 복수개의 고장원인이 존재할 수 있으므로 원칙적으로 모든 생성된 가설에 FH형의 지식을 적용하여야 한다. 따라서 순방향(Forward-chaining) 추론 방식이 적합하다.
- 위의 단계에서 모든 가설이 기각되면 추론 절차 제어 지식을 적용 새로운 가설을 생성하는 확인하는 과정을 반복한다.

(2) 부가 정보 도출 과정

a) 문제해결 전략

고장원인이 추론되면 고장원인의 종류에 따라 세분화, 고장위치 추정, 자동조치등의 단계가 수행될 수 있다. 이 과정에서는 적용될 수 있는

모든 지식을 데이터와 중간 결과에 적용하여 고장에 대한 추가적인 정보를 이끌어 낸다.

b) 추론방법

고장원인 추론과정에서 도출된 고장원인에 HH형 진단 지식을 적용하여 추가적인 정보나 조치사항을 이끌어 낸다. 추론 가능한 모든 정보를 도출하여야 하기 때문에 순방향 추론 방식이 적합하다.

5 구 현

가. 구형방법

전문가 시스템의 구현방법은 보통 해결하고자 하는 문제의 성격을 충분히 연구하여 그에 적당한 소프트웨어 도구를 선택하거나 기존의 도구를 알맞게 변경하여 사용하던지 새로 설계하여 만들어서 그 도구위에 지식베이스와 제어추론방식을 선택하여 구현한다. 또한 이때의 특징은 개발 타당성과 문제 해결 방법들은 전문가와의 지식 습득 과정에서 계속 변경되어 최선의 방향으로 발전되도록 유연성 있게 설계되어야 하며 완성되기까지 반복적인 시제품의 개발과 시험분석의 과정을 반복적으로 되풀이 된다.

본 시스템을 구현하는 데는 시간적인 제약과 인원등 제반 여건을 고려하여 개발환경은 리스프머신에서 실행되는 ZetaLISP에서 소프트웨어 도구로 MRS(Meta-Representation System) (1)을 기반으로 하여 그 위에 새로 필요하다고 생각되는 기능들을 설계 구현하여 사용하기로 하였다.

전문가 시스템 개발도구를 개발하는 작업, 전문지식을 습득하여 표현하는 작업과 사용자 접촉부 고장진단 하고자 하는 통신망의 개체와 시스템과의 통신을 전담하는 작업으로 나누어 5개월의 기간으로 개발하였다.

나. 하드웨어 구성

그림 4.1은 시스템의 하드웨어 구성도를 나타낸다. 시스템의 개발은 리스프머신(LISP Machine)이라고 부르는 미국 LMI사의 LAMBDA

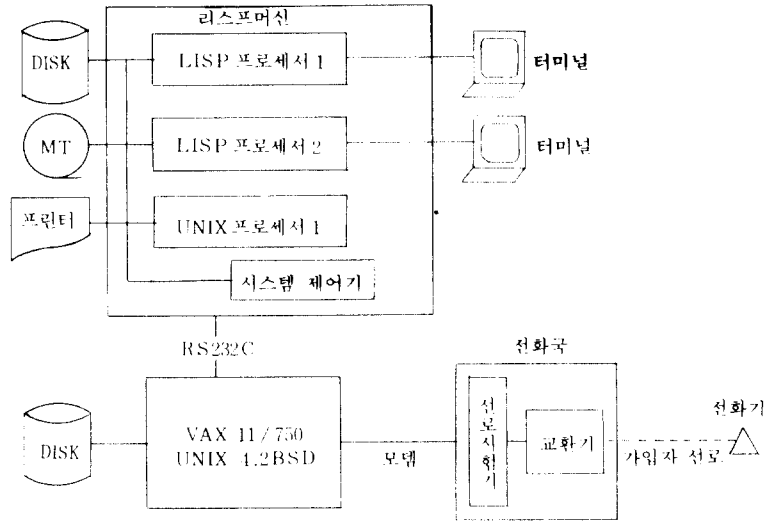


그림 4-1 가입자고장진단 시스템의 하드웨어 구성도

2x2/PLUS 시스템을 이용하였다. 그리고 보조적인 기능을 위하여 VAX 11/750을 사용하였는데 리스프머신과는 RS232C 라인으로 연결하였다. 이 시스템에는 모뎀을 통해 자동선로 시험기가 연결되어 있고, 고장진단에 사용되는 가입자 전화에 대한 데이터 베이스가 구축되어 있어서 LISP 머신에 있는 UNIX 프로세서를 이용하여 VAX 11/750과의 통신을 통해 필요한 데이터를 요구하고 검색할 수 있도록 하였다.

리스프 머신은 두개의 리스프 프로세서와 하나의 UNIX 프로세서로 구성되어 일반 컴퓨터와 네트워크를 구성하기 쉽게 되어 있다. VAX11/750시스템에는 기존의 전화국에 있는 선로 시험기와 연결이 가능한 상태로 구성되어 있었고, 가입자에 대한 데이터 베이스가 있는 것을 사용하기 위해 위의 그림과 같은 구성을 갖게 되었다.

다. 소프트웨어 구성

그림 4.2는 소프트 웨어 구조와 함께 처리과정을 나타낸다.

소프트웨어는 위의 그림과 같이 사용자와의 입출력을 담당하는 사용자접속부(User Interface)와, 문제해결을 위한 지식베이스(Knowledge Base), 지식베이스를 이용하여 실제 추

론이 일어나도록 하며 전체 시스템을 제어하는 추론기관(Inferemce Engine), 그리고 외부 고장진단의 대상이나 데이터의 입출력을 위한 망 접속부(Network Interface)로 구성된다.

전문가의 지식은 지식베이스 편집기를 통해 지식베이스로 입력되어 추론시 추론시스템에 의해 사용된다. 이때 추론 시스템은 망 접속부와 사용자 접속부를 통해 필요한 데이터를 요구 검색하며 추론을 진행한다.

사용자는 터미날을 통해 가입자의 전화번호와 고장 증상들을 입력하면 추론기관은 자동선로 시험기를 통해 필요한 선로의 상태를 측정하여 고장을 진단한 후 그 결과를 보여주며 왜 그러한 결과에 도달했는지를 설명함으로써 고장의 진단과정까지 사용자에게 알려준다.

다음은 각 부의 기능에 대해 기술했다.

(1)추론기관

추론기관은 전문지식의 표현이 용이한 불을 기반으로 고장진단을 위한 기본적인 추론을 수행하며 이와함께 구조적인 표현이 용이하고 상위 층 지식에서의 데이터 전이(Value Inheritance)와 디폴트(Default) 추론을 위하여 프레임(Frame)[Ref] 사실 표현방법을 사용하였다.

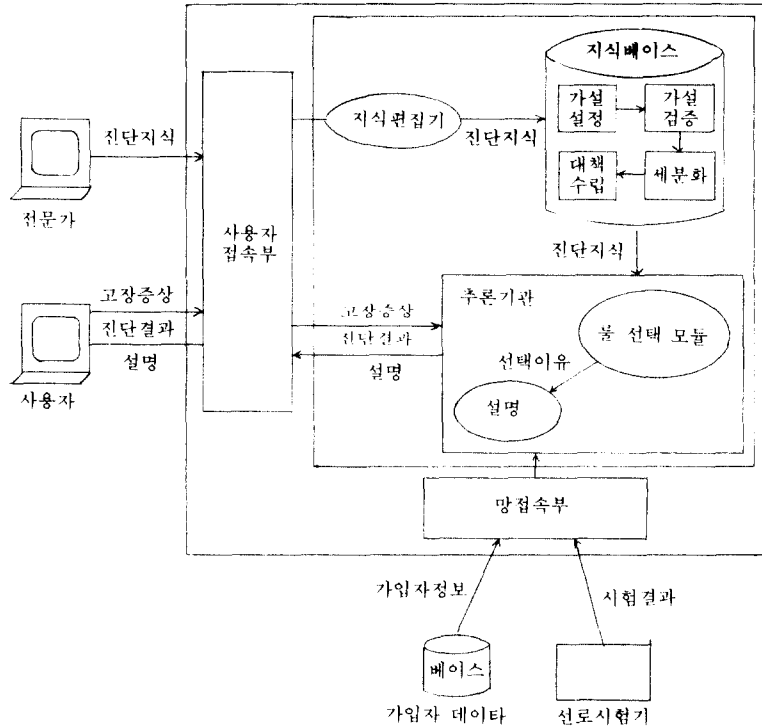


그림 4-2 소프트웨어의 구조와 처리과정

룰의 형식은 아래와 같다.

```

(Defrule 룰 - 이름
  (If <조건부>
    Teen <결론부>    Then
  (Certainty 확실도)
  (Author 룰의 - 작성도)
  (Date 룰의 - 작성 - 날짜)
  (Explanation 룰의 - 설명구)
  
```

룰의 <조건부>에는 시스템이 제공하는 명제 (Proposition)이나 프레임 또는 임의의 사실을 사용할 수 있고, <결론부>에는 시스템이 제공한 함수 명제나 임의로 필요한 함수 명제를 만들어 사용할 수 있으며 새로운 사실들이 사용된다.

프레임은 다음과 같은 형식을 갖는다.

```

(Deframe 프레임 - 이름
  슬롯 - 이름 = 슬롯 - 값
  
```

```

  [Certainty = 확실도]
  [Default = 디폴트 - 값]
  [슬롯 - 이름 = 슬롯 - 값]
  [Certainty = 확실도]
  [Default = 디폴트 - 값]]
  .....
  
```

프레임을 이용하여 임의의 사실은 프레임 이름과 슬롯 (Slot), 그리고 슬롯값에 의해 표현된다.

불확실한 추론을 위해 확실도 (Certainty Factor)를 룰과 사실에 표현하여 계산하며 지식 베이스의 관리와 효율적인 처리를 위해 지식 베이스간의 상호관계를 계층적으로 구성할 수 있도록 하였으며 사용자는 추론 방식을 깊이 우선 (Depth First)과 폭우선 (Breadth First) 방식에서 선택하여 사용할 수 있도록 하였다.

설명 기능은 진단 결과에 대해 어떻게 추론하

여 얻었는 지 사용한 불과 불이 추론되기 위해 사용한 근거 사실을 보여 주며 사용자에 대해 입력을 요구할 때 왜 그러한 질문을 필요로 하는지 설명할 수 있다.

지식베이스 편집기는 불과 프레임을 각각의 이름을 선택하여 단위지식을 편집하도록 하는 별도의 화면을 만들어 주기도 하고 전체 지식베이스를 화일 단위로 편집할 수 있도록 하였으며, 추론과정을 사용자가 파악할 수 있도록 추적(Trace)기능을 두어 불을 지정하여 그 불을 이용한 추론이 실행되는 경우만 추적하거나 모든 불에 대한 추적을 할 수 있도록 하였다.

또한 단계별 추론 실행을 통하여 하나의 추론 단위 또는 사용자가 지정한 횟수만큼의 추론을 실행한 후 정지하도록 할 수 있다.

사용자는 추론 과정에 인터럽트를 주어 추론을 정지시키고 필요한 작업을 한 후 다시 추론을 시작하도록 하는 기능과 추론 기관에 대한 모든 작업을 사용이 편리한 마우스(Mouse) 메뉴를 이용하도록 하였다. 그리고 전체 시스템이 수정 변경이 용이하도록 설계가 되어 사용자가 불의 조건부나 결론부에 원하는 기능 추가와 새로운 함수의 정의와 호출이 쉽게 처리되도록 하였다.

(2) 지식베이스

전체 지식 베이스는 현재 170개의 불 지식과 10개의 프레임을 통한 사실 표현으로 구성되어 있다. 전문가 시스템에 있어서 지식의 갯수가 시스템의 성능을 말하는 것은 아니고 현재 구성되어 있는 지식이 어떻게 밀접한 상호연관되어 문제를 해결해 가는 것이 중요하다 할 것이다.

추론 시스템은 많은 지식을 계층적으로 구성하여 지식베이스의 양에 따른 처리속도의 감소를 고려하여 설계되었다.

다음은 지식의 습득과정과 지식의 표현방법과 실례를 들어 기술하였다.

a) 지식의 습득

지식의 습득(Acquisition)은 전문가 시스템의 개발에 있어서 성공과 실패를 좌우하는 중요한

요소로 이를 효과적으로 수행하는 여러가지 방법에 대해 인공지능의 한 분야로 많은 연구가 진행되고 있다. 지식의 습득 과정은 적용분야의 전문가로부터 문제를 해결하는 지식을 추출하여 추론 시스템이 가지는 지식의 표현방식으로 표현하는 것을 말한다. 일반적으로 전문가시스템을 개발할 때는 이 과정을 전담하는 지식공학자(Knowledge Engineer)를 두어 수행하게 된다. 본 시스템을 개발하는데 있어서 지식의 습득과정은 다음과 같은 특징을 갖는다.

첫째, 고장분석을 위해 가입자 회선의 전기적인 특성을 분석하는 절차적이고 수화적인 지식은 선로 시험기가 가지고 있는 어셈블리 프로그램을 분석하여 얻음으로써 전문가와의 인터뷰를 단축할 수 있었다.

둘째, 고장 판정을 하는데 필요한 여러 경험적인 지식은 전화국 시험실에서 오랜 경험으로 전문가라고 말할 수 있는 현장요원과 8회의 인터뷰와 실제시험을 통해 여러가지 상황에 따른 분석 방법을 얻었다.

셋째, 지식공학자가 가입자 선로 시험분야에 참가 초기부터 상당한 지식이 있었다. 그래서 전체 지식의 습득 과정이 순조롭게 진행될 수 있었다.

b) 지식의 표현

지식은 고장분석과 그에 따른 절차적인 지식은 불을 이용하여 표현되었으며 불이 처리하는 사실과 관련된 지식은 프레임을 이용하여 표현되었다.

1 고장증상으로부터 고장 유형을 추정하는 지식

신고자로부터 고장에 대한 증상을 분석하고 고장이라고 생각되는 가정을 한 후 이 가정에 대해 실제 데이터를 통해 확인하게 되는데 이러한 지식은 다음과 같이 표현된다.

예 1) 문장으로 표현하면

신고자가 전화를 소유한 주인이 아니고 그 증상이 불통인 경우는 Ring 선 또는 양선이 끊어졌을 가능성이 있다.

를 형태로 표현하면,

```
(Defrule Suspect-Ringopen-and-Bothopen-1
  (If (Symptom-data Notification-agent Owner)
    (Syptom-data Symptom-id Cannot-call)
    Then (Assumable Ringopen)
        (Assumable Bothopen)))
```

② 외부 데이터 요구지식
망 접속부를 통해 가입자 선로를 측정하거나 가입자 데이터 베이스를 검색하여 그 결과를 요구하는 지식은 다음과 같이 표현된다.

예2) 문장으로 표현하면,
선로가 끊어졌다고 생각되면 선로의 Tip 선과 Ring 선의 용량과 선로의 저항 값을 측정하도록 한다.
를 형태로 표현하면
(Defrule Request-ALT-step-test-for-lineopen
(If (Assumable Lineopen)
Then (Request NIS ALT-DATA step CAP-TR-RES-TR-LOOP)))

③ 고장원인을 판정하는 지식
고장증상에 따른 가정과 측정값이 얻어지면 이들 데이터를 이용하여 고장의 원인을 분석하는 지식으로 다음과 같이 표현된다.

예 3) 문장으로 표현하면,
선로의 Tip선과 접지와 용량에서 Ring 선과 접지와 용량을 변 값의 절대값을 이 두 값의 최대값으로 나눈 후 100을 곱한 값이 25보다 크면 고장원인으로 용량의 불균형이다.

를 형태로 표현하면
(Defrule C-unbalance-inferred-ALT-data
(If (ALT-data CAP-TG \$CAP-TG)
(ALT-data CAP-RG \$CAP-RG)
(> (* (/ (ABS (-\$CAP-TG\$CAP-RG))
(MAX \$CAP-TG \$CAP-RG))
100)

25)
Then (Fault-type-minor C-unbalance)))

④ 사실지식

사실에 관련한 지식은 프레임이나 일반적인 Proposition 형태로 표현된다. 가입자 전화를 나타낸 사실 지식은 다음과 같다.

예 4) 문장으로 표현하면,
고장증상 사실은 신고자로부터 얻었는데 그 신고자는 소유자이고, 고장증상은 불통과 무응답이다.

프레임 형태로 표현하면,
(Deframe Phone-data
Acquir^d-from=User
Notification-Agent=Owner
Symptom-id=(Cannot-Call No-Response)

(3) 망 접속부

망 접속부는 추론 시스템으로 부터 가입자 선로의 전기적인 특성에 대한 측정 또는 데이터 베이스의 검색을 요구받아서 처리하여 그 결과를 알려 주는 기능을 한다.

망 접속부의 구성은 그림 4.3과 같다.

a) NIS-LIST LISP

리스프머신의 리스프 프로세서에서 실행되며 선로의 측정 데이터 또는 데이터 베이스 검색을 요구받아 NIS-UNIX 에게 적당한 형태로 변환하여 전달하고, 결과를 받아 추가된 사실로 입력하여 추론을 계속하도록 한다.

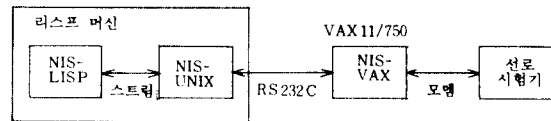


그림 4-3 망 접속부의 소프트웨어 구성

b) NIS-UNIX

NIS-LISP와 리스프머신에서 제공하는 스트

림(Stream)을 통해 데이터를 주고 받아 NIS-LISP로 하여금 RS-232C 라인을 통해 VAX11/750의 NIS-VAX와 통신하도록 한다.

c) NIS-VAX

적절한 데이터 베이스 검색질의어로 변환하여 데이터를 검색하거나 측정기에 대한 명령어로 변환하여 측정을 요구하여 그 결과를 NIS-UNIX에게 보낸다.

(4) 사용자 접속부

사용자 접속부는 리스프머신이 가지고 있는 윈도우(Window)와 마우스(mouse) 기능을 이용하여 사용자가 여러가지 정보를 동시에 한 화면에서 볼 수 있도록 하였으며 명령어의 입력방식은 메뉴선택 방식을 사용하였다.

시스템의 전체 화면 구성은 그림 4.4와 같이 작업화면, 추론기관의 상태화면, 작업선택 메뉴화면, 고장진단 시스템의 상태화면, 그리고 지식베이스 편집화면으로 구성되어 있으며 그외에도 필요시 나타나는 화면으로 구성되어 있다.

6. 결 론

전문가 시스템의 개발은 일반적으로 시험과 이를 통한 문제점의 보완을 위한 재설계와 구현의 과정을 반복적으로 수행하여 만족할 만한 성능을 얻을 때까지 계속된다. 그러나 그 성능이 만족할 만한 수준인지 판단하는 것은 쉬운 일이 아니며 이 분야에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다.

본 시스템은 전화국에 설치하여 실제 선로에

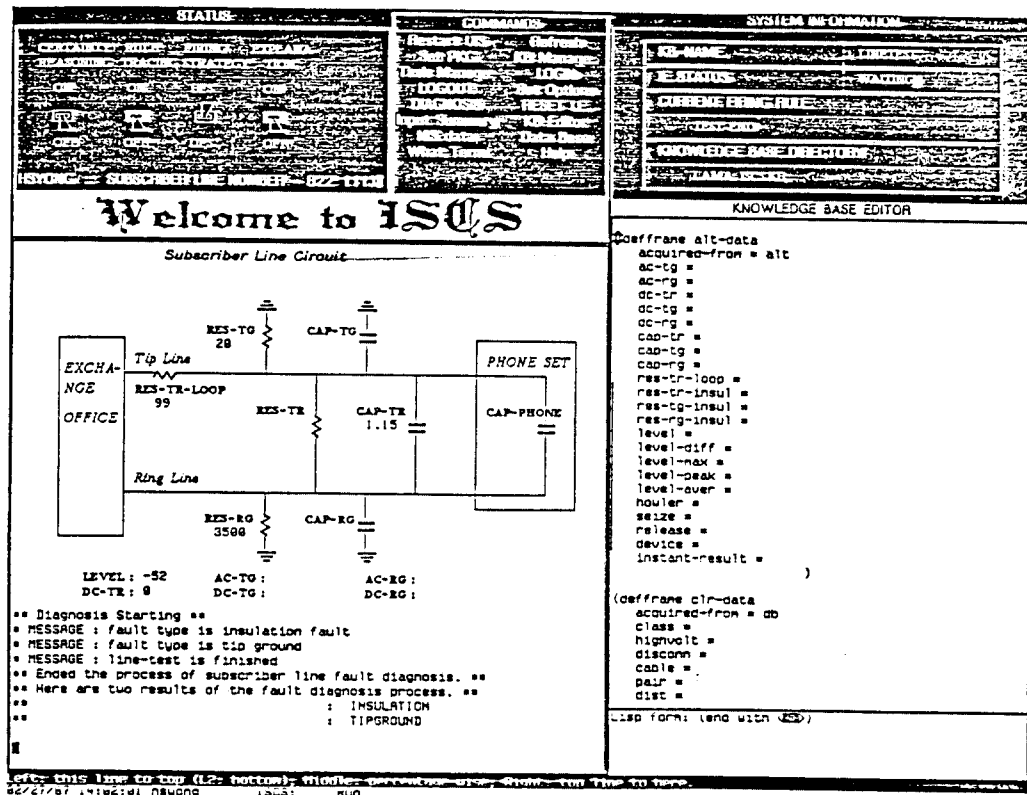


그림 4-4 가입자 선로고장 진단시스템의 화면 구성도

대해 고장접수를 받는 과정에서부터 시험운용은 할 수 없었고 전화국 시험실에서 고장접수를 받은 선로에 대해 그 자료를 토대로 시험을 수행하여 시험실 전문가가 분석하는 과정과 결과를 비교하여 성능을 평가하였다. 그 결과 시스템이 분석한 진단 내용에 대해 전문가가 대체로 수긍을 하였다. 그러나 선로시험기를 계속 연결하여 사용할 수 없었으므로 시험실에서 측정된 자료를 데이터 화일로 VAX 11/750 시스템에 만들어 넣고 시험하였다. 시제품개발을 통하여 전문가 시스템 적용타당성을 확인한 것을 기반으로 현재는 전자교환기 및 가입자망 고장진단용 시스템개발을 목표로 프로젝트가 진행중에 있으며, 추후 다용도로 이용할 수 있는 구조를 갖게 할 계획이다.

통신망 운용분야의 전문가시스템 적용은 고장 진단분야 뿐만 아니라 통제관리분야에도 그 타당성이 충분히 있는 것으로 예측되기 때문에 추후에는 통제영역에 대한 인공지능 기술 적용도 시도할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 용승환외 6인, "가입자선로고장진단을 위한 전문가시스템개발" (전자통신지 제재예정)
2. 한국전자통신연구소, "인공지능을 이용한 다용도 감시제어시스템개발"연말보고서, 1985.
3. 한국전자통신연구소, "인공지능 다용도 감시제어시스템개발" 연말보고서, 1986.
4. Bruce G. Buchanan and Edward H. Shortliffe, "Rule-Based Expert Systems", Addison-Wesley, 1984.
5. Gregg T. Vensonder, et al, "ACE: An Expert System for Telephone Cable Maintenance", The 8th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1983, pp.16-121.
6. Mark, T. Shutter, "The SMART Project: An Approach to Expert System Integration and Evaluation in the BOCs," ICC 86, Vol. 1. 1986, pp. 39.3.1-39.3.3.
7. Kyu-Young Whan, et. al., "Expert Systems in Network Management and Control," Expert Sys-

- tems in Government Symposium, 1986, pp.290.
8. Raymond H. Hanson, "AI in Network Management Systems: A Total System Viewport," "Expert Systems in Government Symposium, 1986, pp.291-295.
9. Shri K. Goyal, et al, "COMPASS: An Expert System for Telephone Switch Maintenance" Expert Systems, Vol. 2, No. 3, 1985. July pp. 112-126.
10. Stephen Guattery, Francisco J. Villarreal, "NE-MESYS: An Expert System for Fighting Congestion in Long Distance Network "Expert Systems in Government Symposium, 1985. pp.123-126.



林 永 煥

저자약력

- 1954년 9월 16일생
- 1973. 3 ~ 1977. 2 : B. S-경북대학교 수학
- 1977. 3 ~ 1979. 2 : M. S-한국과학원 전산학과
- 1979. 1 ~ 1982. 8 : 한국전자기술연구소 선임연구원
- 1982. 8 ~ 1985. 6 : Ph. D-Northwestern University (미국) 전산학과
- 1983. 1 ~ 1985. 6 : Agonne National Lab. 연구원
- 1985. 6 ~ 1987. 6 (현재) : 한국전자통신연구소 실장