

# EMS 및 전력계통 운용분야의 전문가시스템 응용

김 영 한

(한국전력공사 계통운용처 급전운용부장)

## 1. 서 언

전력계통운용에 관한 크고 작은 업무수행을 위해 여러분야에서 컴퓨터 시스템을 많이 이용하고 있다.

이들 컴퓨터시스템은 주로 전력계통의 상태변화를 파악하기 위한 각종 자료취득업무나, 전력조류계산 등 수치계산의 비중이 높은 업무, 그리고 비교적 단순한 조건의 논리판단으로 결론이 도출되는 업무의 처리에 적용되어 오고 있다.

또한 점차 전력계통이 복잡, 다양화 되어지고 전력계통운용기술도 여러면에서 고도화되어 감에 따라 컴퓨터시스템의 적용범위도 날로 확대되어가고 있다.

그러나 이들 전력계통제어용 컴퓨터시스템을 최신 기술의 가장 진보된 중앙급전용 제어시스템인 EMS (Energy Management System)에서도 전력계통운용자의 경험과 판단력에 의존하는 부분이 큰 업무를 처리하는 것이 곤란하고, 많은 요인과 규칙이 복잡하게 관련된 업무에 대하여 충분히 대응하지 못하고 있다.

이러한 컴퓨터 적용상의 과제를 해결하기 위한 수단으로 지식공학을 응용한 전력계통운용이 EMS를 비롯한 전력계통제어시스템과 전력계통의 계획, 설계, 운용, 보수 등의 분야를 대상으로 적용되어 가고 있다.

여기에서는 전력계통 관련업무를 위한 전문가시스템의 구성 및 이미 일부 실용화되었거나 실현 가능

한 분야를 중심으로 EMS와 전력계통운용에서의 전문가시스템 응용에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 전문가시스템의 구성

### 2.1 MMI 구성

전문가시스템에서는 전문가로 부터 지식을 얻어내고 또한 이용자와 정보를 주고 받기 위하여 여러면에서 사람과의 대화가 많이 필요하다. 따라서 사람이 친숙하게 이용할 수 있는 인간-기계 연락장치를 갖추는 것이 중요하며, 고성능기기의 채용과 아울러 높은 기능의 소프트웨어가 관건이 된다.

전문가 시스템에 있어서 정보의 흐름에 주안점을 두어 MMI (Man Machine Interface) 기능 구성도를 나타내면 그림 1과 같다.

지식베이스에 들어있는 지식의 검색, 추가, 수정 및 삭제를 손쉽게 하기위하여 지식편집기능이 있고, 또한 데이터베이스 내의 데이터를 손쉽게 추가, 갱신할 수 있도록 데이터 편집기능이 있으며, 추론의 결과를 이용자가 검증할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

전문가시스템을 실제로 구축하는 경우에 다음의 2 가지 사항에 대하여 특히 유의할 필요가 있다.

첫째는 기존의 전력계통제어용 온라인시스템과의 결합 문제이다. 기존시스템의 방대한 양의 데이터베이스를 어떻게 이용 (Access) 하느냐에 대한 검토와

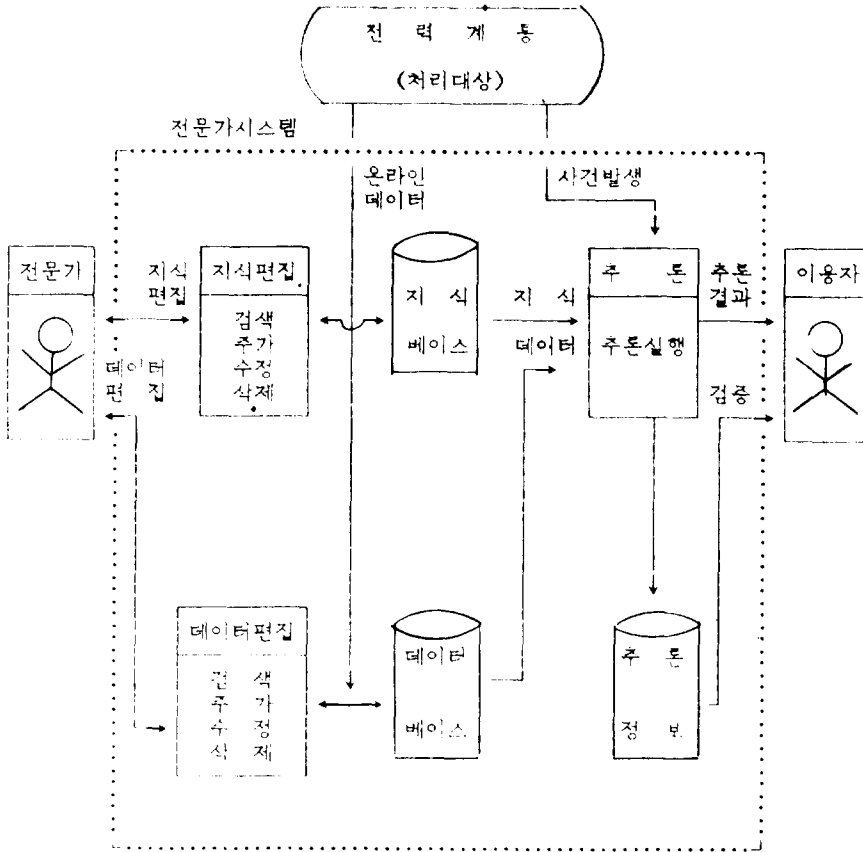


그림 1. 전문가시스템의 MMI기능 구성도

아울러 기존시스템과의 정보교환, 통신 및 동기방식 등에 대한 연구가 중요하다.

둘째로는 속도문제이다.

지식공학적인 접근(Approach)에 있어서는 일반적으로 문제해결을 위하여 처리시간의 추정, 예측을 행하는 것이 곤란한 경우가 많다. 물(Rule)수의 증대에 따라 필요시되는 시간도 증대되고, 어떠한 경우에는 처리시간에 일정한 제한을 갖게된다.

실제의 전문가 시스템을 구축하기 전에 Prototype 시스템을 개발하여 지식을 단계적으로 확충하고 추론방식의 검토를 사전에 시행하는 것이 중요하다.

## 2.2 컴퓨터시스템 구성

전문가시스템을 위한 컴퓨터시스템 구성은 계획, 설계업무에 대해 단독으로 지식공학을 적용하는 경

우에는 전력계통제어시스템과 연계하지 않고, 독립형(Stand-alone)시스템으로 구성하는 경우가 많다.

한편 운용업무와 진단업무를 위해서는 대부분의 경우 전력계통제어 시스템에서 온라인 정보를 이용하기도 하고 전문가시스템의 결과에 따라 계통을 운용하여야 하므로 상호결합이 필요하다.

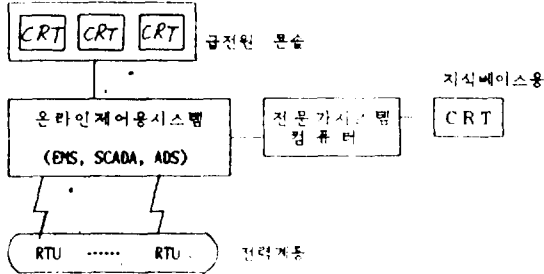
이러한 경우 EMS, SCADA 또는 배전자동화시스템용 컴퓨터인 온라인제어용 컴퓨터와 전문가시스템용 컴퓨터를 별도로 설치하여 상호결합시키는 경우와, 온라인제어용 컴퓨터내부에 전문가시스템을 내장시키는 경우가 있다.

어떠한 시스템 구성을 채택하는가는 온라인제어용 시스템과 전문가 시스템의 기능과 이들의 상호의존도, 필요한 응답성능, 컴퓨터의 성능 및 시스템의 신뢰성등을 고려하여 종합적으로 고려할 필요가 있다. 그림2는 전문가시스템의 컴퓨터 구성도를 나타

(a) 독립형



(b) 별치형



(c) 내장형

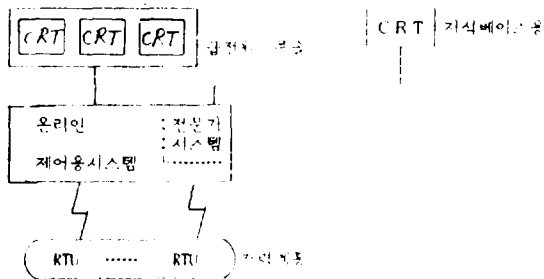


그림 2. 전문가 시스템의 컴퓨터 구성도

낸다.

### 2.3 WORKF STATION구성

기종의 EMS와 SCADA등 온라인 제어시스템에 전문가시스템을 도입하는 경우 별치형의 분산처리시스템 구성을 위해 Work Station을 일반적으로 많이 설치한다. 전문가시스템의 모든 응용기능은 인공지능소프트웨어와 하드웨어의 능력을 가진 이 Work Station에서 개발된다.

이 Work Station은 자료연계(Data Link)를 통해 그림3과 같이 기존의 온라인제어시스템에 연결되게 된다.

Work Station에서는 먼저 온라인제어시스템으로부터 온라인 데이터베이스를 Snapshot에 의해 가져온 다음 전문가시스템의 기능을 수행한 후 그 결과를 Work Station의 Full Graphic CRT에 표시함과 동시에 온라인 제어시스템으로 보내어 전력계통운전원이 활용할 수 있게 하여 준다.

현재 실용화되고 있는 Work Station은 온라인제어시스템이 일반적으로 계전기동작정보(Relay Operation Information)등을 취득해 오지 않고 있어 이들 정보를 수동입력 할 수 있고, 또한 if ~ then 형식의 Rule base를 적용하는 Prototype System으로 많

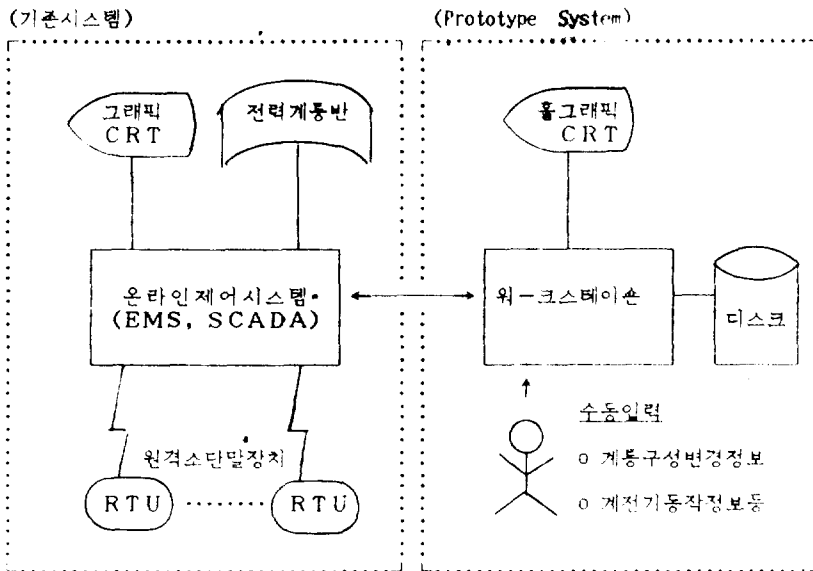


그림 3. Work Station의 구성도

이 이용되고 있다.

### 3. EMS에서의 전문가시스템 응용

#### 3.1 경보(Alarm)처리

전력계통에서 사고가 발생하면 일반적으로 많은 수의 경보가 발생한다. 이들 중에는 상당히 중요한 정보가 있는가 하면, 사고직후의 계통운용상 필요하지 않은 경보도 포함되어 있다.

따라서 지식처리에 의해 이들 다수의 Alarm정보를 정리, 통합하고 필요에 따라 우선도를 구분하여 계통운용자가 사고상황을 파악하기 쉽게 제시하여 줄 필요가 있으며, 이와같은 기능을 지적경보처리(Intelligent Alarm Processing)라고 한다.

경보를 정리, 통합하는 단계에서는 사고경보의 상호관련에 대하여 지식 또는 계통사고판정추론결과등을 사용하여 관련성을 명확히 하고, 모순경보나 불량경보를 검출하여 경고를 주며, 또한 사고경보에 우선순위를 붙여서 계통운용자가 신속히 사고에 대

응할 수 있도록 지원을 한다.

경보를 계통운용자에게 제시하는 단계에서는 계통운용자가 쉽게, 그리고 확실히 파악할 수 있도록 문장으로 뿐만 아니라, 그래픽표시도 병행하는 소위 Multi-window 표시방식 등을 써서 제시해준다.

#### 3.2 하드웨어 고장진단

전력계통 온라인감시제어시스템에서 컴퓨터 본체 및 주변기기등 하드웨어 고장이 시스템 전체 기능 수행에 주는 영향은 매우 크다. 따라서 고신뢰성을 갖도록 여유(Redundancy)를 두어 설계하는 것이 보통이다.

그러나 고장이 발생하였을때 그것이 지금까지 경험해 본 일이 없는 종류의 고장인 경우에는 전문가에게 문의하거나 전문가를 현장에 불러 문제를 해결하지 않으면 안된다.

따라서 하드웨어고장진단전문가시스템은 컴퓨터 하드웨어의 보수에 대한 전문지식이 적은 사용자가 기관수준의 교환을 해서 고장처치가 가능하도록 지원해 준다.

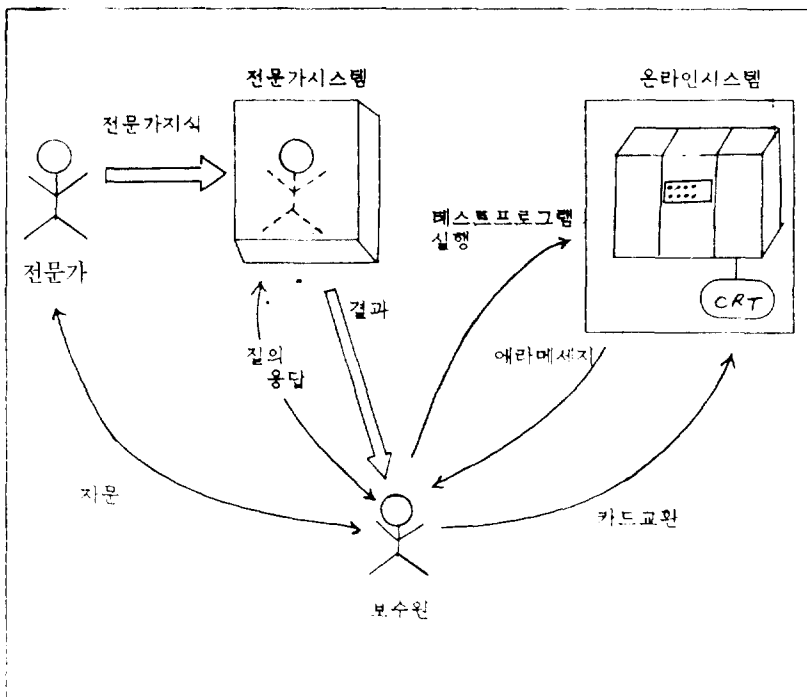


그림 4. 하드웨어고장진단 전문가시스템 운용형태

온라인 감시제어시스템의 보수원은 고장이 발생한 경우 하드웨어고장 진단전문가시스템을 이용하여 대화형식으로 고장상황을 입력한다

이에따라 고장원인에 대한 진단이 행해지고 동시에 고장원인과 기관명, 기관의 위치등이 명시되므로 보수원은 확신도가 가장 높은 기관부터 순차적으로 교환하므로서 시스템을 정상 회복시키게 된다

그림4는 하드웨어고장 진단전문가시스템의 구성과 운용형태에 대한 일례를 나타내고 있다.

#### 4. 전력계통운용에서의 전문가시스템응용

##### 4.1 계통사고 판정

전력계통에서 낙뢰등에 의해 사고가 발생하면 보호계전기에 의해 사고설비를 포함하고 있는 부분계통을 분리하게된다.

다중사고나 사고파급의 경우, 또는 보호계전기나 차단기가 정확하게 동작하지 않음에 따라 사고설비를 포함해서 광범위하게 계통을 분리하므로 정전이 확대되는 경우도 있다

전력계통사고시에 있어서 정전범위를 최소로 하고 복구를 신속히 하는 것은 전력의 안전공급상 특히 중요하므로 이를 위해서는 사고상황의 신속하고도 정확한 파악이 요구된다.

사고설비의 판정은 보호계전기와 차단기와의 단순한 조합으로 추정가능한 경우도 있지만, 사고에 따라서는 보호계전기와 차단기가 동작하여 이것들의 조합을 사용해서 복잡한 판단을 요하는 일도 있다. 또한 보호계전기의 오동작 및 부동작이 있는 경우에는 판단은 상당히 복잡하게 된다.

다수의 복잡 다양한 조건을 조합해서 사고지점, 사고종별을 추정하기 위하여는 전문가시스템의 적용이 효과적이다.

사고설비를 판정하기 위하여는 사고점, 사고형태와 보호계전기, 차단기의 동작관계를 지식으로 해서 그의 조합에 따라 판정하는 방법과, 사고발생에 따라 계통의 동요현상과 그에 대한 보호계전기의 동작을 시뮬레이션해서 가설과의 합치여부에 따라 사고를 판정하는 방법이 있다. 추론 방법은 동작한 차단기 및 보호계전기로부터 일차적인 추론을 행하여 예

상되는 사고설비를 가정에 의해 추출한 후 그의 가정에 성립여부를 2차적인 추론에 따라 구하고 있다.

계통사고의 판정은 다음단계를 통해 이루어진다.

- 시간적 측면에서 계통정보의 그룹화
- 대상 전력계통의 보호범위별 구분
- 보호계전기의 동작원리에 근거한 사고점 판정
- 보호계전기, 차단기의 오동작, 부동작 판정
- 다중사고 여부에 대한 검증 및 판정
- 판정결과 표시

##### 4.2 계통사고 복구지원

계통사고시의 복구는 숙달된 운용자의 판단에 의해 행하여지는 부분이 많다.

복구에 있어서는 일반적인 원칙외에 각계통에 따라 특유한 요소가 많이 존재하나 이러한 요소가 충분히 문서화 되어있는 것은 아니다.

따라서 복구조작에 온라인제어시스템을 이용하기 위해서는 전문가시스템을 채택하는 것이 효율적이며, 기간계통, 2차계통, 배전계통등 각종 전압등급에 대응하는 계통사고복구전문가시스템이 개발되고 있다.

계통복구를 위한 지식정보는 크게 구분하여 다음의 3종류로 구성된다.

- (1) 전원기동에 관한 지식  
발전기의 기동특성, 기동우선도 등
- (2) 전력공급에 관한지식  
부하복구순서, 부하특성, 부하복구단위, 부

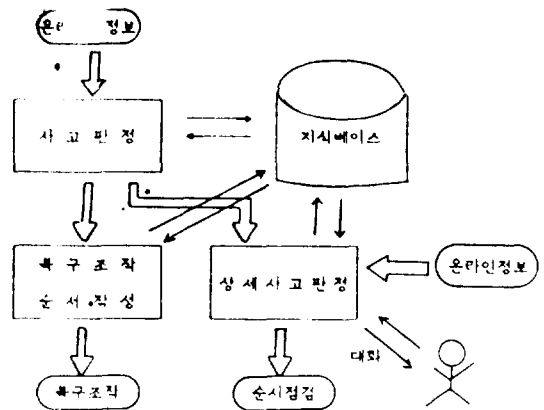


그림 5. 계통사고판정 및 복구지원 블록도

하량의 시간적 변화예측 등

(3) 전력공급루트 선택에 관한 지식

과부하, 전압이상, 안정도이상의 검출 및 대응방안 등

계통의 사고복구 조작용은 공급지장량이 적은 동시에 높은 신뢰도로 계통이 신속하게 복구되도록 이루어져야 한다. 추론결과는 사고발생등의 긴급시에 운용자가 확실하고도 용이하게 복구 조작용을 할 수 있도록 조작순위를 도표식으로 제시할 뿐만 아니라, 계통도상에 복구조작과정을 표시하고 공급지장량의 시간적 예상량 등이 그래픽으로 표시되어야 한다.

계통사고의 판정과 계통사고 복구지원에 대한 정보의 흐름을 블록도로 나타내면 그림5과 같다.

### 4.3 기타 응용분야

전력계통 관련업무 중에서 지식공학에 의한 전문가시스템의 적용이 가능한 업무는 EMS에서의 경보처리와 하드웨어 고장진단다. 그리고 전력계통운용에서의 계통사고 판정 및 계통사고 복구지원 업무 이외에 많은 분야에 적용을 위하여 연구가 진행되고 있다.

- 설비정기보수계획
- 전력부하예측
- 전력계통 신뢰도 감시
- 계통운용계획
- 전력설비고장진단

## 5. 결 언

지식공학을 이용한 전문가시스템이 날로 고도화되어가는 전력계통운용 기술에 대한 컴퓨터 적용상의 불충분한 과제를 해결하기 위하여 여러 분야를 대상으로 많은 연구가 진행되고 있으며 또한 일부 실용화되고 있다.

그러나, 실용화되고 있는 분야에서도 지식베이스를 어떻게 확대해 나가느냐가 중요하며, 교과서적인 기본이론에 대한 지식은 충분히 갖추고 있으나 경험

적 지식은 미흡하여 이것을 증대시키는 것이 과제가 되고 있다.

또한 전력계통운용분야에서 계통사고판정과 복구지원 업무에 대한 전문가 시스템이 가장 앞서서 개발되고 실용화가 확대되고 있으나, 계통의 정확한 사고판정을 위해서는 보호계전기 동작정보가 필수적으로 요구되는데, 현재의 중앙급전용 EMS에서는 정보의 취득주기와 시간동기, 그리고 정보량등의 문제로 이들 보호계전기 동작정보를 취득해오지 못하고 있으며, 이들 문제들이 선행되어 해결되어야만 온라인 제어시스템과 유기적인 협조하에 전문가시스템의 실용화가 정착되리라 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김영한, 이효상 "EMS 및 SCADA와 전력계통운용" 전기학회지, 38권 12호, 1989.12
- [2] Daniel S. Kirschen, "Artificial Intelligence Applications in Energy Management Systems", Korea-U. S. A Joint Seminar on Expert Systems for Electric Power Systems, August 14-18, 1989, Seoul, Korea.
- [3] M. Kunugi, et al., "A Large-Scale SCADA System with Real-time Knowledge-based Functions", Second Symposium on Expert Systems Application to Power Systems July 17-20, 1989, Seattle, USA.
- [4] J. Shinohara, et al., "An Expert System for Intelligent Alarm Processing in EMS and SCADA Systems", Second Symposium on Expert Systems Application to Power Systems, July 17-20, 1989, Seattle, USA.
- [5] I. Takeyasu, et al., "An Expert System for Fault Analysis and Restoration of Trunk Line Power Systems", Symposium on Expert Systems Application to Power Systems, August 22-26, 1988, Stockholm, Helsinki.
- [6] 功刀正彦, "전문가시스템의 電力系統分野 應用事例 小特輯" 電學誌, 109卷 8號, 1989.
- [7] 福田朋悟外, "基幹系統故障復旧 支援시스템의 實用化 檢證", PE-89-120.