

원자력 발전 자동화를 위한 전문가 시스템 현황 및 개발동향

최성수, 우희곤*

전력연구원, *정보통신연구그룹

인공지능 및 전문가시스템이 국내에 소개되어 연구와 개발이 시작된지 여러 해가 지났으나 아직은 이에 대한 성과가 미흡한 실정이다. 이를 일부에서는 국내 기술력의 한계 또는 이 분야의 한계로 인식하기도 한다.

선진국에서는 이미 원자력발전소(이하 원전)의 안전성과 경제성 향상을 위하여 진단, 감시, 운전지원 등의 영역에 전문가시스템의 활용이 적극 추진되고 있으며 국내에서도 몇몇 시스템 개발이 시도되고 있으나 운전원의 소수 정예화, 지역 협력 차원의 운전원 보충에 따른 경험 부족과 기술 수준의 저하 등 현실적인 어려움을 대신할 수 있는 원전 전문가시스템의 필요성이 더욱 절실히 요구되고 있다.

전문가시스템을 개발하는데는 적용 분야 선택, 개발 도구의 선정, 지식의 습득, 시스템 통합, 비용 대비 효과에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 전문가시스템에 대한 이해와 높은 관심은 개발을 추진하는 원동력이 되며 현장의 강력한 요구를 반영한 영역의 선정은 적용 효과를 높일 수 있는 중요한 요소라 하겠다.

따라서 원전 전문가시스템의 필요성이 강조되는 추세에 비추어 볼 때, 체계적인 개발 적용 방안과 컴퓨터 환경을 제시하였다는데 대해 본 연구의 의의가 있으며 아울러 본사와 현장 및 개발 담당자간의 유기적인 협조와 선진국의 기술 동향을 파악하고 습득하는데 주력한다면 원전의 전문가시스템 적용은 성공적으로 개발될 것이다.

1. 서 론

전문가시스템이란 전문가의 해석 또는 전문가의 지식을 요구하는 분야에서 컴퓨터를 이용하여 전문가 및 사용자의 판단을 도와주거나 전문가를 대신할 수 있도록 구성된 소프트웨어 시스템을 말한다. 전문가시스템의 적용은 다음과 같

은 경우에 효과적일 수 있다. 첫째, 과도한 비용 지출이 예상되는 경우 둘째, 인간 전문가가 없거나 수행할 수 없는 경우 셋째, 중요한 전문 기술이 전문가의 개인적인 변화로 조직에서 상실되는 경우 넷째, 전문 기술 의사 결정이 원자력 발전소, 우주 정거장 등 친숙하지 못하고 위험한 환경에서 이루어지는 경우 등이다.

따라서 전문가의 지식이 요구되는 모든 분야에 대해 적용할 수 있으며 특히 원자력 분야에서의 전문가시스템 개발은 인위적인 실수가 발생하기 쉬운 분야, 복잡한 절차가 요구되는 분야, 경험적으로 얻어지는 전문 지식이 요구되는 운전원을 돕기 위한 분야, 인력 감소나 잦은 인력 교체로 업무의 연속성이 떨어지는 분야 등에 널리 적용될 수 있다.

선진국에서는 이미 원전의 안전성과 신뢰성 및 경제성 향상을 위해 컴퓨터 활용이 일반화되어 있으며, 특히 컴퓨터 과학의 첨단 분야인 인공지능 기법을 도입하여 원자로 고장 진단, 터빈-원자로 고장 진단, Shutdown 분석 등의 영역에서 전문가시스템의 개발과 이용이 활발히 추진되고 있다. 국내에서도 몇 개의 시스템이 완료 또는 개발되고 있으며, 관심 또한 고조되고 있으나 아직 그 성과는 기대에 미치지 못하고 있다. 우리 공사도 원자력 및 화력 발전 등의 분야에서 필요에 따라 개별적으로 몇몇 시스템을 개발하여 실무에 적용을 시도하고 있으나 그 성과가 미흡한 실정이다.

이런 추세에 비추어 볼 때 한번쯤은 실제 적용이 가능한 전문가시스템에 관해 원론적인 자료조사를 바탕으로 그동안의 기술동향을 되돌아보면서, 뒤떨어진 기술 수준을 개선할 필요성이 있으며 선진국에서 개발되고 있는 관련 자료를 수집 분석하여 우리 원전 실정에 맞는 개발 적용 영역을 조속히 선정하고 실제 응용 시스템을 개발하기 위한 컴퓨터 환경 체계를 수립하는 것이 무엇보다도 시급하다고 하겠다.

2. 전문가시스템 개요

가. 기본 개념

전문가시스템(expert system)이란 어떤 특정 전문 분야의 전문가가 갖고 있는 그 분야의 전문 지식을 지식베이스로 구축한 후, 추론을 수행하여 문제를 해결하는 컴퓨터 프로그램을 말하며 일반적으로 8개의 구성요소로 되어있다.

① 지식베이스(Knowledge Base) : 주어진 문제를 해결하는데 필요한 지식을 컴퓨터에서 사용 가능한 형태로 조직화하여 저장한 것을 말하며, 이러한 지식구조는 효율적인 추론을 수행할 수 있도록 구성되어 하며 기본 요소는 사실(fact)과 규칙(rule)이다.

② 추론엔진(Inference Engine) : 지식베이스를 사용하여 추론을 수행하고 결론을 제공하는 것으로 전문가시스템의 핵심적인 부분

③ 사용자 인터페이스(User Interface) : 구현된 전문가시스템의 사용자가 사용하기 편리하도록 인간 공학적인 여러 측면을 고려하여 제작자의 의도대로 동작하는 시스템

④ 블랙보드(Blackboard) : 중간 과정과 결정을 기록하는 작업 메모리(Workplace)이다.

⑤ 설명 기능 서브시스템(Explanation Facility Subsystem) : 전문가가 자신들의 결정이나 권고가 어떤 배경에서 어떤 뜻을 가지고 행해졌는지를 전문가시스템이 그들의 동작을 설명

⑥ 지식 획득 서브시스템(Knowledge Acquisition Subsystem) : 지식베이스를 구성하거나 확장할 목적으로 컴퓨터 프로그램에 전문 지식을 전달

⑦ 지식 정제 서브시스템((Knowledge Refinement Subsystem)

⑧ 데이터베이스(Data Base)

여기서 ①②③은 전문가시스템의 필수 요소이나 나머지는 선택적이라 할 수 있다.

나. 전문가시스템의 장단점

— 장점

- ① 전문가시스템은 사람보다 빠르게 추론하여 결론을 내릴 수 있다.
- ② 일관된 형태를 유지하고 오류를 줄일 수 있다.
- ③ 비정상 기능을 진단해서 조치를 취해 휴지 시간을 감소시킬 수 있다.
- ④ 사용자가 여러 시스템을 감시하고 제어하려면 값비싼 계측 장비에 의존해야 하지만 전문가시스템을 사용하면 이를 대신할 수 있다.
- ⑤ 위험 요소가 많은 환경의 작업을 전문가시스템으로 대체하여 위험을 줄일 수 있다.
- ⑥ 사용자가 전문가시스템을 통해 전문 지식, 질의, 충고

를 받을 수 있다.

- ⑦ 전문가시스템은 지치거나 지루해 하지 않으며 일관되게 감시하므로 신뢰성을 높일 수 있다.
 - ⑧ 전문가들의 의견을 통합한 시스템이므로 지식의 질을 높일 수 있다.
 - ⑨ 인간의 처리 능력을 넘어서는 복잡한 문제를 해결할 수 있다.
- 단점
- ① 전문 지식을 전문가에게서 끌어내기가 쉽지 않다.
 - ② 상황 평가에 대한 각 전문가의 시각이 다를 수 있다.
 - ③ 시간이 촉박할 때는 전문가도 상황 평가를 제대로 하기 어렵다.
 - ④ 전문가시스템은 아주 좁은 영역에서만 제대로 동작한다.
 - ⑤ 대부분의 전문가도 결론이 적당한 것인지 판단 기준이 모호하다.
 - ⑥ 사용자들의 신뢰 부족이 전문가시스템 사용시에 장애가 된다.
 - ⑦ 프로그램으로 지식 전달 시 편견이나 선입견에 영향을 받기 쉽다.
 - ⑧ 전문가시스템은 결론에 이르지 못할 수도 있다.

다. 전문가시스템 개발 단계

전문가시스템 개발 life cycle은 여섯 단계로 나눌 수 있다. 표 1은 각 단계와 수행 작업을 제시하고 있다.

표 1. 전문가시스템 개발 life cycle.

단 계	수 행 작 업
프로젝트 초기화 단계	• 문제 정의 • 필요성 평가 • 대체 방안 평가 • 관리상의 논점 • 전문가시스템 방식에 대한 검증
시스템 분석 및 설계 단계	• 개념적인 설계 및 계획 • 전략 수립 • 지식의 출처 • 컴퓨터 자원 • 현실성 연구 • 비용-이익 분석
빠른 프로토타입 개발 단계	• 소규모 프로토타입 구현 • 검사, 개선, 확장 • 데모 및 현실성 분석 • 설계 완료
시스템 개발 단계	• 지식베이스 구축 • 지식베이스 시험, 평가 및 개선 • 통합 계획 수립
구현 단계	• 사용자의 승인 • 설치, 데모 및 배치 • 오리엔테이션 및 훈련 • 보안성 문서화 • 통합 및 현장 시험
유지 보수 단계	• 운영 • 유지 및 업그레이드 • 주기적인 평가

3. 전문가시스템 개발시 유의사항

전문가시스템을 개발하는데는 많은 시간과 비용, 노력이 필요하며 기술적 한계도 매우 어려운 난점이다. 여기서는 전문가시스템 개발시 발생할 수 있는 문제와 빠지기 쉬운 함정을 극복하고 시스템을 성공적으로 구축하기 위한 일반적인 유의 사항을 보면 다음과 같다.

가. 개발 계획 수립시

- ① 제한된 자원의 한계 내에서 해결하기 어려운 문제를 목표로 정하지 않았는가?
- ② 해결하려는 문제의 난이도가 전문가시스템으로써도 경감되지 않는다면?
- ③ 해결해야 할 문제가 너무 일반적이거나 복잡하여 전문 지식을 기술하는데 필요한 규칙이나 데이터베이스가 지나치게 방대하지 않은가?
- ④ 전문가시스템 개발기간이 정해져 있을 때 개발 인력이 충분히 공급되지만 하면 좋은가?
- ⑤ 경영진에서, 전문가시스템은 특정한 작업을 수행하는 컴퓨터 프로그램의 일종이며, 숙련된 프로그래머를 투입하면 충분히 개발할 수 있다고 믿고 있다면?
- ⑥ 주어진 도구를 가지고는 문제를 해결하는데 필요한 도메인 개념이나 제어 구조를 표현 하기 힘들다면 어떻게 해야 하는가?
- ⑦ 지식 공학자가 문제에 더 적합한 도구가 있음에도 불구하고 자신에게 친숙한 도구를 사용 해도 좋은가?
- ⑧ 시스템의 규모, 실행 속도, 이식성 등을 위해 FORTRAN, PASCAL, C 등의 범용 프로그래밍 언어를 사용해도 되는가?
- ⑨ 전문가시스템 개발 도구 자체에 프로그래밍 오류가 있지 않은가?

나. 지식 획득시

- ① 지식 공학자가 전문가로부터 양질의 규칙을 얻어내는 것이 어렵지 않은가?
- ② 선택된 전문가가 개발 프로젝트에 참여할 시간이 충분한가?
- ③ 시제품 개발에 참여하는 전문가가 규칙을 수정하고 개선하는데 문제가 없는가?
- ④ 전문가가 만든 규칙이 너무 간단하여 복잡한 상황에서는 정밀도가 떨어지지 않는가?
- ⑤ 전문가가 시스템 개발에 흥미를 잃거나 지식공학자와 만나는 시간이 줄어들고 있지 않은가?
- ⑥ 전문가가 컴퓨터와 친숙하지 않고, 컴퓨터의 유용성을 의심하고 있지는 않은가?
- ⑦ 지식 공학자는 전문가의 추론 과정을 어느 정도로 분석해야 하는가?

다. 개발 과정시

- ① 전문가의 지식이 프로그램 내에서 일반적인 문제 해결 지식과 밀접히 결합되어 서로 구분 할 수 없게 되지 않았는가?
- ② 전문가와 지식 공학자가 협조하여 추출한 수많은 규칙이 모두 구현에 반영되었는가?

- ③ 개발된 전문가시스템의 각 기능을 설명하는 방법이 마련되어 있는가?
- ④ 전문가시스템에 사용된 규칙의 수가 너무 많아서 시스템 성능을 저하시키지는 않는가?
- ⑤ 전문가시스템이 생성하는답이 질과 유용성 측면에서 사용자를 실망시키는 것은 아닌가?
- ⑥ 사용자가 시스템을 사용하기 편리한가?
- ⑦ 새로운 규칙을 첨가하거나 기존의 규칙을 변경할 때 오류가 발생하지는 않은가?

4. 원전 전문가시스템 개발 동향

가. 국내 동향

국내 원전 전문가시스템은 개별 구조물에 대한 고장 진단 및 감시 분야를 주로 연구하고 있으며 컴퓨터 시설의 낙후, 전문가시스템 사용 방법의 단순화 문제, 관련 원전 설비와의 인터페이스 그리고 수작업에 의한 자료 입력으로 처리 시간의 지연, 사용자 인터페이스의 편의성 부족이 문제점으로 나타나고 있다. 이 결과 사용 방법의 어려움과 사용자의 이해 부족으로 활용에 대한 성과가 미흡하며 구축된 전문가시스템은 컴퓨터 환경과 사용 Tool 및 사용자 인터페이스 구성 방법이 서로 달라 개선 및 확장 연계시 지속적인 보완이 필요하다고 하겠다.

표 2. 국내원전 전문가시스템 연구내역.

연구과제명	연구 내용
원자력발전소 고장 진단 및 비상 조치 지원 시스템 구축을 위한 연구	고리 2호기 대상의 1단계 고장 진단 전문가시스템 개발을 기초로 하여 영광 1,2호기의 전 계통에 대한 각종 정보처리, 고장진단 및 비상조치사항 제공 등 고장 메카니즘 분석과 이의 DB구축
원자력발전소 2차계통 수질 감시 및 진단 시스템 개발	- 온라인 수질 분석 자료 취득 및 감시 시스템 개발 - 수질 변화, 이상 상태 예측 및 진단
NSSS전동/누설 감시 장치 개발	원자로 내부 구조물간의 체결력 상실, 부품파손 등을 감시하기 위한 증성자 잠음 신호 해석 모델 정립 및 감시 프로그램 개발
S/G TUBE 검사공정 자동화를 위한 지능형 와전류 검사 시스템 개발	실시간 와전류 신호수집 시스템, 신호 처리, 평가 시스템, 튜브호출 인식 영상처리 시스템과 S/G 전열관 검사용 MANIPULATOR 제어 시스템을 완전 통합하여 일체형으로 작동되는 S/G 전열관 검사 통합 자동화 시스템 개발
원자력발전소 1차계통 고장 진단 전문가시스템 구축을 위한 연구	- 고장 진단 전문가시스템 적용대상 선정 및 특성계통의 프로토타입 개발 - 종합적 고장진단 전문가시스템 개발 가능성 제시

나. 국외 동향

원전을 포함한 발전분야의 전문가시스템 개발 적용에 대하여 CIGRE(Conf rence Internationale des Grand R seaux Eletrioues a haute tension)에서 15개 국가를 대상으로 적용 분야와 기능, 개발 방법, 개발 환경 등을 조사한 결과를 보면, 미국(27%)과 일본(27%)이 가장 많은 연구를 수행하고 있다. 주요 연구 분야는 감시 분야(36%)로서 고장 진단, 경보 처리, 긴급 사태 평가를 대상으로 하고 있으며, 다음으로는 제어 분야(28%)로서 정상 제어, 긴급 제어, 회

복 제어 분야를 대상으로 운전원의 운전 지원이 주 목적이다. 그 외에도 계획 수립(14%), 시스템 분석(13%), 교육/모의실험(3%) 등의 분야를 개발하고 있다. 전문가시스템을 개발하기 위한 프로그래밍 언어로는 개발에 필요한 인공지능 기법의 구현의 편리성 때문에 인공지능용 언어인 LISP(28%)와 Prolog(25%)를 많이 사용하고 있다. 또한 과학계산 처리용으로 FORTRAN(25%)이, 그밖에 C(11%)와 PASCAL(6%) 등이 사용되고 있으며 프로그래밍 언어만을 사용한 시스템은 Tool을 사용할 때보다 많은 개발 기간이 소요되었다.

원자력 분야에서는 약 300여개 이상의 전문가시스템이 미국(50%), 일본(25%), 프랑스(10%)에서 주로 개발되고 있으며 적용 분야로는 감시 및 진단(21%), 운전지원(29%), 유지보수(30%)가 있는데 이것은 이들 분야의 적용 필요성과 기술적 가능성이 높다는 것을 보여주고 있다. 개발 환경으로는 워크스테이션과 TOOL을 주로 사용하고 있는데 TOOL의 사용은 개발의 용이성과 개발 시간 단축에 매우 효과적이며, 프로그래밍 언어는 Tool의 한계점을 극복하거나 인터페이스 등이 필요할 때 사용하고 있다. 그림 1은 원전분야에서의 국가별 연구분포를 보이고 있다. 미국이 50%로서 공공기관과 개발사의 주도로 가장 많은 연구를 보이고 있으며 다음으로 일본이 25%를 차지하고 있다. 그리고 프랑스도 10%로 원전 전문가시스템 개발에 많은 비중을 두고 있음을 알 수 있었다. 기타로는 영국, 캐나다, 독일, 노르웨이 등이 연구를 하고 있었다.

원전 전문가시스템의 적용 분야로는 그림 2와 같이 감시 및 진단이 21%, 운전지원이 29%, 유지보수가 30%를 나타내고 있는데, 이것은 높은 비율의 분야일수록 적용 영역의

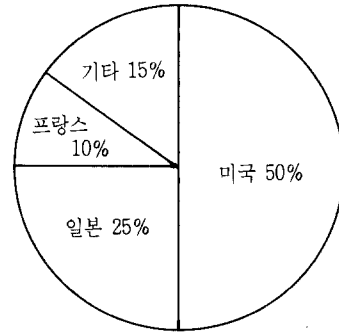


그림 1. 국가별 원전 전문가시스템 개발 분포.

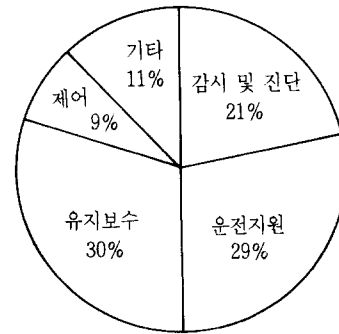


그림 2. 원전 전문가시스템 연구 분야 분포.

필요성과 기술적 가능성이 높은 것으로 분석된다.

다음의 표 3에서는 지금까지 세계적으로 개발 되어졌거나 개발진행중인 원전 전문가시스템의 일부를 적용분야와 기능 및 목적별로 분류하였다.

표 3. 국외 원전 전문가시스템 개발 현황.

분 야	기능 및 목적	시스템명	개발기관	기종(S/W)	기 타
감시 및 진단	PWR 원자로 고장진단 및 대응	REACTOR	EG&G(미) TAI(미)	VAX11/750 (LISP)	PWR
운전지원	낮은 확률이면서 그 결과가 위험한 사고의 관리에 관련된 의사결정 운전지원	AMES	EG&G	VAX 11/750, PDP 11/55 (FranzLISP, Fortran)	INEL (실험용)
감시 및 진단	NASA에서 개발한 KATE를 원전용으로 향상 및 확장. 원전 기기를 체계적으로 보이고 고장발생시 진단하며 추적, 회부	KATE+	TAI	IBM PC 286/386 (GCLISP)-	모델기반 추론
원자로	PRA를 기초로 원자로의 상태를 실시간으로 진단하여 상태를 진단	PREDICTOR	TAI(미)	IBM PC/AT (Golden Common LISP)	객체지향 프로그래밍
교육 및 시뮬레이션	운전원 교육을 위해 low pressure injection sys.(LPIS) 시뮬레이션 개발	LPIS	INEL, EG&G(미)	Xerox's LOOPS	-
감시 및 진단	기존DMA, STAR DASS의 문제해결을 위하여 functional relationship을 이용하여 다중정보를 설명	AFS	EG&G Idaho Inc.	Xerox's LOOPS	ATR(Advanced Test Reactor) 객체 지향 프로그래밍
감시 및 진단	발전소기기 감시 및 자체진단	SCOPE	Bechtel(미)	iIBM PC/AT, Explore LX(LISP, C)	PWR, PHWR
시스템 분석	원전 경보 우선순위 결정 지원	APDS	Bechtel(미)	-	Diablo Canyon 원전

분 야	기능 및 목적	시스템명	개발기관	기종(S/W)	기 타
감시 및 진단	발전소 상태를 감시하여 최적 운영을 위한 운전원 조치 사항 제시	PRMSF	Bechtel(미)	BM PC/AT(Personal Consultant PLUS	-
시스템 분석	대량의 경보발생시 근원정보 파악	APS	Bechtel(미)	(NEXPERT OBJECT)	-
감시 및 진단	사고 진단 및 예측 지원	ADPA	Bechtel(미)	IBMPC/AT (GC-LISP)	-
시스템분석	각종 펌프의 고장진단 및 원인 규명	Pump Pro	Ston & Webster Engineering Co.(미)	IBMPC/AT	-
감시 및 진단	발전소 정보 실시간 제공	ESCORT	Stone & Webster Engineering Co(미)	VAX Station II/GPX	현장적용
감시 및 진단	발전기의 실시간 고장진단	Gen AID	TU, WH(미)	-	-
시스템 분석	S/G튜브의 와전류데이터 분석	IEDA	WH(미)	-	현장적용
계획	핵연료 재장전 운전계획 지원	CLEOCERBERE Core shuffler	WH, Handford Framatome ABB Combustion Engineering	SUN3-52 (PROLOG)	-
진단	핵연료 피복의 결함 진단	CRAW	WH, Handfor(미)	(PROLOG)	-
감시 및 진단	원자로 냉각시스템의 진단 및 신호검증 시스템	KBS	Ohio State Univ.(미)	(CSRL)	GE BWR/6
감시 및 진단	원자로 고장상태 식별, 그 결과에 따른 절차 제공, 절차의 성공감시, 원인분석, 교정명령 제공, 위험 예측	OAS(PSMS, DPMS, IDB, DVS)	Ohio State Univ.(미)	(CSRL, DPRL) InterLisp D. LOOPS	GE BWR/6
감시 및 계획	원전 제어 운전원지원 및 지능적 프로세스 설계	DPS	Ohio State Univ.(미)	XEROX-1108(InterLI SP-D & LOOPS)	Perry BWR 실험
감시 및 진단	Steel structure의 Seismic Fragility 진단	SFE	UCLA(미)	-	Fuzzy Theory, Induction
계획	PM 활동의 성능을 위한 계획과 실제수립 지원 시스템	Maintenance Advisor	UCLA(미)	(KEE, LISP)	PWR
감시 및 진단	원전 Main Feedwater Sys.의 Disturbance의 발생감지 및 원인 진단, 운전원에게 활적제어 지시	MOAS ii	Maryland Univ.(미)	(PICON)	PWR, 모델 기반 추론
시스템 분석	원자로 동특성 해석	DISKETT	Halden(미)	NO 570	현장적용
감시 및 진단	실시간으로 동적환경에서 제어 감시하는 진단 보조 시스템	DECA	Pennsylvania State Univ.(미)	Symbolics 3670(Common LISP + Flavors)	실험용 원자로
감시 및 진단	원전 안전 분석으로서 고장의 식별과 비정상 상태에서부터 회복	HAL	NCSA Illinois Univ. (Urbana Champaign)	CRAY X-MP, (PSL(Portable Standard LISP))	모델 기반 추론, 실험용 원자로
감시 및 진단	원전열효율 성능을 감시하여 성능을 분석	PDA	Expert-EAS-E Systems Inc.(미)	(M.1)	-
감시 및 진단	원전의 센서 신호를 해석하여, 원자로 상태 전이를 분석 진단	CATALisp	Texas A & M Univ.(미)	Symbolics 3640(CommonLISP)	시뮬레이션
감시 및 진단	GTST모델을 이용하여 Condensate and Feedwater System을 진단하여 운전지원	CFWAVA	Maryland Univ.(미)	IBM-PC/AT(micro-Prolog)	PWR
감시 및 진단	GTST를 이용하여 원자로의 고장진단	GOTRES(shell)	Maryland Univ.(미)	IBM-PC / AT(Golden Common LISP)	B&W type
감시 및 진단	2차측 수화학 상태를 계속적으로 감시 및 진단(데이터 획득 및 분석, 모듈포함)	WCEMS	Rochester Gas & Electric Co.(미)	(SMART)	PWR, 규칙기반추론
계획	전동밸브 정비계획	MOVES	IOWA State Univ.(미)	-	현장 시험
실제	원전 보조시스템 설계를 위한 ES	ASDEP	Georgia Inst. of Tech., Virginia Polytechnic State Univ.	CDC CYBER 180 (LISP, PASCAL)	-
감시 및 진단	비상 운전 절차 자동 추적	비상운전절차용 전산추적 시스템	EPRI(미)	-	BWR
감시 및 진단	원자로의 트립을 베이지안 방법을 이용하여 문제를 진단하여 운전원에게 알림	COPILOT	Pickard, Lowe & Garrick Inc.(미)	-	-

분 야	기능 및 목적	시스템명	개발기관	기종(S/W)	기 타
감시 및 진단	동적 환경에서 Generic Task Methodology를 기초로 EOG(Emergency Operation Guideline)를 이용한 운전 지원 시스템	DPMS	Hitachi & Ohio State Univ.(미)	XEROX-1109(InterLJ SP-D & LOOP DSPL)	BWR
설계, 시스템 분석	원전설계 및 절차서 변경에 대한 안전성 검토지원	SARA	Sargent & Lundy(미)	-	La Salle 원전
계획	문제점 예상 및 예방정비 필요성 결정	EDGDS	Duke Power(미)	MV 8000, VAX 11/750 (NEXPERT OBJECT)	-
감시 및 진단	시스템, 부품, 문서등의 중요변수들의 실시간 감시 및 처리	Configuration Management System	MAC(미)	SUN 4/100(G2, CDB)	-
제어	정지 과정시 원자로 잔열 제거	RHR	Odetics(미)	Symbolics 3675	현장적용
시스템 분석	운전원 의사 결정 지원	ERFIS	EI Intl(미)	VAX 8530(3D, Monicye)	-
감시, 시스템 분석	원전 비상 사태에서 운전원의 운전 절차서 선택 및 적용 지원	EOPTS	EPRI Tech Inc.(미)	-	Kuo Sheng 원전
감시 및 진단	신호 검증 및 진단 제시	SAS-ii	Halden Institute	HP9000/834(G2)	Forsmark 원전
진단	다중 경보 전달	DMA	Du Pont	-	-
감시 및 진단	원자로 상태 전이 분석 시스템	SEXTANT	CEA(프)	(SPIRAL)	900MW PWR
계획	S/G예방 정비 계획	MPGV	Framatome(프)	CDC 835	현장적용
시스템 분석	경보 발생시 경보발생 자료분석, 원인파 복구 절차 제공	EXTRA(S2, BOOJUM, LRC)	EDF(프)	BULL SPS 7 (Genesia I, II)	900MW PWR

5. 결 론

가. 전문가시스템의 성공 및 실패 분석

① 성공한 시스템의 특징

- 사용자 인터페이스를 비교적 간단하게 구성한 경우
- 사용자가 그 분야의 전문가인 경우
- 인간의 생산성 향상 차원에서 필요한 정보를 적절히 제공한 경우
- 적용 영역을 단순화하여 구축 및 개발시 발생할 수 있는 문제를 축소한 경우
- 적용영역이 광범위한 경우 지식베이스와 사용자 인터페이스의 기능강화로 해결한 경우
- 인간이 전체 제어와 최종 결정을 담당한 경우

② 실패한 시스템의 원인 분석

- 불필요한 정보를 사용자에게 보임으로서 의사 결정이 어려운 경우
- 전문가시스템의 한계가 불분명한 경우
- 사용자가 인식 불가능한 과정을 통해 문제를 해결할 경우
- 사용자 인터페이스의 편리성, 적절한 그래픽 지원이 없는 경우
- 실시간 시스템인 경우 필요한 정보를 변화하는 상황에 맞춰 즉시 처리하지 못한 경우
- 데이터 획득을 수작업으로 한 경우

③ 시스템 개발의 문제점

- 통합화 문제 : 각 적용 영역의 전문가시스템 개발이 우선되어 시제품 이상으로 구축된 후에 기능 확장

과 보완 및 통합화를 시도함으로써 계획의 지연 및 시간, 경비의 낭비를 초래

- 표준화 문제 : 개발된 원전 전문가시스템의 컴퓨터 환경은 동일 분야에서도 서로 다른 것으로 분석
- 원전 컴퓨터 설비와 인터페이스 : 플랫폼 컴퓨터와의 연계는 제약 조건의 해결과 안전성 보장이 선행되어야 하며, 현재 개발중이거나 또는 한 단계 거친 인터페이스를 사용하고 있음

④ 발전 추세

- 실시간 처리와 사용자 편리성
- 지식 획득의 자동화
- 개발 시스템의 통합화
- 분산 처리와 멀티미디어 지원, 클라이언트/서버, 적용 영역의 확장

나. 원전 전문가시스템 컴퓨터 환경 체계

원전 전문가시스템의 개발 적용에 있어서 각 영역의 컴퓨터 환경 체계는 장기적인 안목과 현재의 환경을 기준으로 수립하여야 한다. 각 적용 영역의 효율적인 처리 능력의 확보를 위하여 H/W 환경에서는 CPU 성능, 기억 용량, 디스크 용량의 기본적인 기준을 알아야 한다. 또한 관련 데이터 획득 기기 또는 관련 컴퓨터 설비, 기존 DB와의 연계 이용 방안과 활용 효과를 높이기 위하여 멀티미디어의 사용, Tool, 추론 기법, 지식 표현, 프로그래밍 언어도 고려하여야 한다. 각 적용 영역의 기본 사양을 제시하면 표 4와 같다.

다. 개발 적용시의 고려 사항

표 4. 적용 영역별 컴퓨터 환경 기준.

		구조물 건전성 감시 및 진단	운전 지원	유지 보수 및 예방 대책	제어	교육 및 훈련
CPU성능		30MIPS	30MIPS	20MIPS	20MIPS	20MIPS
기억용량		32MB	32MB	32MB	16MB	16MB
디스크용량		540MB	540MB	1GB	320MB	540MB
네트워크		초고속 LAN	초고속 LAN	고속 LAN	고속 LAN	--
Tool		NEXPERT- OBJECT, G2	NEXPERT- OBJECT, G2	NEXPERT- OBJECT	G2	NEXPERT- OBJECT, G2
DB		아주 중요	중요	아주 중요	보통	보통
멀티미디어		중요	중요	아주 중요	보통	아주 중요
S/W 환경	추론 기법	전향, 후향 체인	전향, 후향 체인, 하이브리드 체인	전향, 후향 체인, 하이브리드 체인	전향, 후향체인	전향, 후향체인, 하이브리드체인
	지식 표현	규칙	규칙, 프레임	규칙, 프레임	규칙	규칙, 프레임
	언어	C/C++, FORTRAN	C/C++	C/C++, LISP	C/C++	C/C++, FORTRAN
기 타		신호 취득 전용 컴퓨터	신호 취득 전용 컴퓨터	휴대용컴퓨터, 신호취득전용컴퓨터	휴대용컴퓨터	시뮬레이터

- 사용자가 필요로 하는 정보를 정확히 제공하고 불필요한 정보는 최소화
- 사용자가 문제를 인식하고 해결하는 과정과 전문가시스템의 처리 과정이 서로 부합할 수 있도록 설계
- 전문가시스템의 한계를 분명히 제시하여 사용자가 감시할 수 있어야 하며, 사용자의 판단과 전문가시스템의 판단 중에 선택할 수 있게 함
- 전문가시스템이 여러 사용자 또는 전문가를 갖는 경우, 각각의 사용자 교육, 기술 정도를 반영하여 적절한 인터페이스를 설계
- 사용자 편의를 위하여 파악이 쉽고 양질의 그래픽을 지원할 수 있는 디스플레이를 제공
- 실시간 처리인 경우 사용자가 쉽게 상태를 인식할 수 있도록 사용자의 작업 환경과 유사한 환경을 제공하며 동시에 변화하는 정보를 신속히 파악할 수 있도록 함
- 전문가시스템에서 필요로 하는 데이터의 획득은 발전소 컴퓨터 또는 감지기로부터 직접 자동적으로 가져올 수 있도록 함
- 원시 데이터(raw data)가 필요한 경우 관련된 기기가 있어야 함

라. 맺는말

인공지능 및 전문가시스템이 국내에 소개되어 연구와 개발이 시작되던 여러 해가 지났으나 아직은 이에 대한 성과가 미흡한 실정이다. 이를 일부에서는 국내 기술력의 한계 또는 이 분야의 한계로 인식하기도 한다. 그러나 이러한 문제를 체계적으로 연구하고 논의한 경우는 거의 없다고 하겠다. 선진국에서는 이미 원전의 안전성과 경제성 향상을 위하여 컴퓨터 과학의 첨단 분야인 인공지능 기법을 도입하여

진단, 감시, 운전지원 등의 영역에 전문가시스템의 개발과 이용이 활발히 추진되고 있다.

국내에서도 관심의 고조와 함께 몇몇 시스템이 시도되고 있으나 운전원의 소수 정예화, 지역 협력 차원의 운전원 보충에 따른 경험 부족과 기술 수준의 저하 등 현실적인 어려움이 대두되고 있어 이를 대신할 수 있는 원전 전문가시스템의 도입이 더욱 절실히 요청되고 있다. 이런 관점에서 원전에 전문가시스템을 개발 적용하기 위한 방안과 컴퓨터 환경을 체계적으로 수립하였다는데 대해 본 연구의 의의가 있다고 하겠다.

전문가시스템을 개발하는데는 적용 분야 선택, 개발 도구의 선정, 지식의 습득, 시스템 통합, 비용 대비 효과에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 전문가시스템에 대한 이해와 높은 관심은 개발을 추진하는 원동력이 되며 현장의 강력한 요구를 반영한 영역의 선정은 적용 효과를 높일 수 있는 중요한 요소라 하겠다.

따라서 원전 전문가시스템의 필요성이 강조되는 추세에 비추어 볼때 본사와 현장 근무자 및 개발 담당자간의 유기적인 협조와 관련 기관과의 협조를 통해 부족한 부분을 보완하며, 선진국의 기술 동향을 파악하고 습득하는데 주력한다면 원전의 전문가시스템 적용은 성공적으로 개발될 것이다.

저 자 소 개



최 성 수

1953년 5월 1일 생
1981년 한양대학교 전자통신과 졸업(학사)
1994년 한남대학교 대학원 전자과 졸업(석사)
1987년~현재 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원
주관심분야: 영상인식, 신호처리 분야
(305-380) 대전시 유성구 문지동 103-16 전력 연구원.
TEL. 042) 865-5755 / FAX. 042) 865-5404.



우 희 곤

1947년 9월 20일생
1974년 동아대학교 전자공학과(학사) 졸업
1983년 연세대학교 산업대학원 전자공학과(석사) 졸업
1995년 충남대학교 대학원 전자공학과(박사) 졸업
1983년~현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 수석연구원
주관심분야: 원격조종 로봇 시스템, 멀티미디어 자동화 시스템
(305-380) 대전시 유성구 문지동 103-16.
TEL. 042) 865-5760 / FAX. 042) 865-5314.