

## 기술정보

■이 글은 최근 三菱原子力에서 발표한 内容이다.

# PWR 플랜트 支援시스템

- PWR知的 運轉員支援 技術
- PWR플랜트 知的 診斷 가이드스 技術
- PWR플랜트 知的 인터페이스

## PWR知的 運轉員 支援技術

自動化가 發達된 大型시스템에서는 自動系統의 動作確認을 하는 監視, 判斷, 管理가 운전원이 하는 일의 主業務다. 自動化的 범위가 넓어지면 自動系統의 고장에 의한 영향도 크며, 광범위하게 미친다. 또 시스템이 복잡해지면 자동계통의 동작을 末端까지 파악한다든가, 異常을 진단하는 것이 容易하지 않다. 더우기 자동화되어 있지 않은 운전조작에서는 간단한 節次에 의해서 미리 모든 것을 記述해 두는 것이 어려우므로 高度의 판단능력이 운전원에게 요구되고 있다.

原子力플랜트는 이와 같은 大型시스템의 代表級이며 운전원에게 課해지는 책임은 크다. 종래는 시스템의 신뢰성 향상과 훈련의 충실에 의해서 이런 것들에 대응해 왔다. 그러나 운전원이 플랜트設計, 建設에 직접 관계하는 기회가 적어졌고 또 플랜트를 실제로 운전조작하는 빈도도

낮아지는 경향에 있다. 그래서 높은 스트레스가 걸리는 플랜트異常, 事故時에도 운전원이 일상의 훈련에서 배양된 능력을 최대한으로 발휘할 수 있도록 지원하는 시스템의 필요성이 더욱 높아지고 있다. 異常 原因診斷시스템이나 運轉 對應策을 결정하는 가이드스팀은 이와 같은 운전지원시스템의 일종으로서 종래부터 많은 연구개발이 이루어져 왔다. 그 결과 서서히 성과가 얻어져가고 있으나, 실용화를 위해서는 해결해야 할 기술과제가 아직도 많다.

이중에서도 지원시스템과 운전원의 “認知的整合性”의 확보는 대표적인 과제의 하나이다. 이것은 시스템이 제공하는 정보를 운전원이 생각하고 있는 것과 관련지어 알기 쉽게 하는 것이다. 즉, 冷却水가 漏洩하는 사고의 過程에는 Mass Balance計算을 하는 定量的인 방법도 있으며, Pattern Matching과 같은 定性的인 방법도 생각된다. 이때 正確性에서는 前者의 경우가 좋다고 생각되나 운전원은 그 認知的 特性에서

복잡한 數值計算 보다는 後者를 더 선호할 것이다.

원자력플랜트의 경우 만일 異常, 事故가 일어난다면 그 잠재적 중대성에서 운전원에게 필요 이상의 스트레스가課해진다고 생각해야 하므로 매우 짧은 시간의 상황에서 “認知的特性”을 유지하는 것은 부담을 경감시키고 뜻밖의 Human Error를 방지하는 관점에서도 대단히 중요한 포인트가 된다.

이와 같은 “認知的整合性”을 실현시키기 위해서는 운전원이 認知的 구조를 명백히하는 동시에 柔軟性이 풍부하고 또한 效率이 좋은 推論이 요구된다. 이로 인해 종래의 기술에 의해서 이것을 실현시키는 것은 곤란했는데 知識工學의 보급에 의해서 기술적실마리가 잡히게 되었다. 여기서는 이와 같은 思考에 따른 운전원지원기술의 내용을 소개하는데 “認知”의 관점에서 이들의 특징을 설명하고자 한다.

診斷, 가이드스技術은 異常原因을 假定하고 운전조작대응책을 정하는(意志決定) 機能인데 原因假定 및 意志決定의 節次가 운전원의 표준적인 認知프로세스인 假說檢定에 따르고 있는 것이 특징이다.

이를 위해 진단결과에 이르는 途中過程이 운전원의 思考프로세스와 유사하게 되며, 따라서 진단 내용이 이해하기가 쉬우며 또 진단 과정에서 제공하는 중간결과가 운전원의 思考를 유효하게 자극, 지원할 수 있는 것으로 기대된다.

그리고 “知的인터페이스”는 진단, 가이드스 시스템과 운전원 사이의 정보 傳達을 知的으로 행하는 것이다. 진단, 가이드스 시스템이 존재하는 경우에도 운전원은 스스로 진단이나 판단을 행하므로(행하여야 할) 어느 특정의 운전원과 진단, 가이드스 시스템의 “認知的整合性”이 항상 유지되는 것은 아니다. 이로 인해 不特定多數의 운전원이 독자의 診斷節次를 채용하더라도 항상 유용한 정보가 준비되어 있을 필요가 있다.

知的인터페이스의 특징은 플랜트의 상황, 진단, 가이드스 시스템에 의해서 이미 제공되어 있는 정보 및 운전원의 지시, 질문내용 등에서 어느 時點에서 운전원에 있어서 가장 有用하다고 생각되는 情報를 推定하고 이것을 제공함으로써 이와 같은 요구를 만족하려는 점에 있다. 또, 音聲理解시스템, 다른 新型의 Man-Machine Device를 채용해서 音과 圖像을 組合시킨 多樣化된 인터페이스환경을 줌으로써 더욱 유연하고 親和性이 풍부한 인터페이스로 하려는 점도 특징이다.

## PWR 플랜트 知的 診斷 가이드스 技術

### 1. 開發節次

PWR知的運轉支援시스템은 근년에 각광을 받고 있는 人工知能의 手法를 이용한 소위 엑스퍼트시스템의 일종이다. 엑스퍼트시스템의 개발에서는 「그속에 넣는 知識의 내용이 중요하다」라는 말이 나온지 오래되는데 실제의 구체적인 문제에 직면했을때 어떤 지식을 계산기에 넣고 어떻게 이용하면 좋은가에 답할 수 있는 理論은 없다. 그래서 運轉員의 운전조작훈련용 장치를 사용해서 여러가지의 異常발생시 熟練운전원의 조작상황을 관찰·기록하여 어떻게 생각해서 어떠한 조작을 행했는가를 되풀이해서 인터뷰함으로써 숙련운전원의 思考모형을 작성했다. 다음에 이 모형을 規範으로 해서 知識表現과 推論의 추진방법을 결정하기 위한 기본설계를 행한 후에 숙련운전의 지식을 넣는(知識베이스의 개발) 동시에 推論프로그램의 개발을 행한다고 하는 節次를 채용하였다.

### 2. 知識베이스

숙련운전원은 각종 指示器의 표시나 경보의 発信 등에 의해서 플랜트에 異常徵候가 나타나고 있는 것을 認知하면 ①異常의 원인이 어디에 있는가를 대체적으로 잡아(原因候補의 抽出)

② 그 속에서 어디에 진짜 원인이 있는가를 추려나가서 상세한 異常原因個所를 찾아낸다(原因立証), ③ 원인을 알게 되면 시시각각의 플랜트상태와 앞으로 일어날 일(予測)들을 종합적으로 생각해서 대책을 세운다(対策決定). 물론 언제나 이와 같은 순서로 思考를 진행시키는 것은 아니며 원인을 立証해가면서 더욱 상세한 원인후보를 抽出한다든가 대응대책을 실시하면서 원인의 추정을 계속하는 대단히 柔軟한 思考過程을 거치고 있다.

이 시스템에서는 이와 같은 것을 실현시키기 위해서 異常徵候知識, 原因立証知識 및 対策決定知識이라는 3 종류의 지식표현의 方向을 채용했다. 異常徵候知識이란 플랜트에서 發生하고 있는 이상의 징후를 발견하는 방법과 그 이상징후의 원인이 될 수 있는 후보를 記述하기 위한 지식이며, 推論效率을 올리는데 있어서 중요한 지식이다. 原因立証知識은 개개의 原因立証을 위한 상세한 조건, 確實한 정도를 정하는 規則, 다시 原因을 추적하는 방법, 그 원인에 대해서 취할 수 있는 대책의 후보 등을 표현하는 지식이며 正確 또한 효율적인 원인진단에 필요한 지식이다. 対策決定知識은 立証된 몇가지의 異常原因이나 플랜트상황 등을 종합해서 대책후보중에서 最適의 것을 결정하기 위한 지식인데 複合고장발생시의 대책을 세울때 등에 특히 중요한 역할을 한다.

知識의 내용은 前述한 숙련운전원의 인터뷰 결과 외에 運轉要領書와 운전기록 등을 참조해서 작성했다. 작성에 있어서는 人工知能기술자, 플랜트설계기술자 및 플랜트운전지도원으로 구성되어 지식의 빠짐이나 어느 한쪽으로의 편중을 방지했다.

### 3. 推論機構의 開發

추론기구란 앞에서의 지식을 목적한대로 사용하기 위한 計算機프로그램이다. 기본적인 작업순서는 플랜트異常徵候의 파악, 원인후보의

抽出, 원인의 立証, 予測 그리고 대책의 결정으로 되는데 인간이 이들의 순서를 임기응변으로 변경하여 잘 조작하고 있는 것처럼 프로그램에도 필요에 따라서 실행순서가 변할 수 있도록 되어있다. 또 원인진단이나 대책결정을 한 경우나 사용한 지식의 내용을 對話를 통해서 설명할 수 있도록 되어 있다.

推論機構는 小型의 미니컴퓨터를 사용해서 Common List라 칭하는 計算機言語로 개발했다.

異常徵候把握, 原因立証 및 対策決定의 결과는 CRT上에 각각의 表示窓을 보기 좋게 했다.

### 4. 機能檢証

知的診斷가이던스技術의 Prototype System을 PWR 플랜트의 소규모의 시뮬레이터와 결합하여 機能檢証을 행하여 다음의 評價를 얻었다.

(1) 事故의 진전이나 정도에 따라서 유연하게 異常原因을 推理하여 적절한 대책을 제공할 수가 있다.

(2) 推論에 요하는 시간은 1~2 秒로 實時間 應用에 대해서 충분한 高速이다. 특히, 推論時間은 취급할 수 있는 事故의 數(知識의 量) 에는 거의 左右되지 않으며 앞으로의 知識의 充實에 의해서 더욱 成長시킬 수 있는 전망이 얻어졌다.

앞으로도 對話性의 向上, 高速의 定量的 予測技術의 연구 혹은 모든 플랜트규모의 지식베이스의 개발 등 실용화를 향한 여러 과제에 관한 연구를 행해 나간다.

### PWR 플랜트 知的 인터페이스

知識工學이나 Man-Machine Device 등의 尖端技術을 적용해서 운전지원시스템의 操作性과 제공정보의 理解性을 보다 개선하는 것을 知的 인터페이스개발의 目的으로 하고 있다. 해결해야 할 기술과제는 많은데 音声入力과 이해하기

쉬운 画像表現法의 연구개발을 중심으로 추진하고 있다. 後者は 階層구조를 가지는 抽象画面에 의한 情報表示와 그 화면으로부터의 情報 Access方式에 관한 내용으로 되어있다. 新型의 Man-Machine Device로서는 연속음성인식장치와 超高速Color Graphic表示装置(Touch Panel)를 사용하고 있다.

音声入力の 특징은 키보드나 Write Pen 등의 재래수단에 비해 応答性과 表現의 自由度를 대폭 개선할 수 있는 점이다. 고도의 기능을 가지는 意思決定支援시스템의 入力수단으로써 음성이 적절하다는 지적도 이러한 이유에 의한 것이라고 생각된다. 音声入力機能의 基本仕様을 명백히 하기 위해 운전원의 會話와 復唱을 分析했다. 이 결과 상황이 한정되면 사용하는 말이 수백에서 천정도인 것, 간명한 構文이 많고 文脈에 따르는 省略表現이 常用되고 있는 것이 밝혀졌다. 對話中에 나타나는 “系統, 機器, 프로세스量의 상태, 對話의 목적”등의 키워드에 着眼하는 것, 플랜트상태나 운전원과 운전지원시스템과의 對話의 흐름을 적극적으로 이용하는 것 등을 특징으로 하는 對話의 의미해방식을 개발하여 그 유효성을 실험에 의해 확인했다. 그리고 對話의 흐름을 파악하기 위해서 質問· 応答· 命令· 実行 등의 對話相對의 구조에 관한 對話모델을 사용하고 있다.

실험에서는 「加压器压力制御系統의 動作狀態를 確認하라」 등의 자연스러운 표현을 사용가능하게 하고 있으며 상황에 따라서는 「加压器压力制御系統은 어떤가」 등의 다른 표현도 이해할 수 있는 등 운전원에 표현의 선택권이 상당히 주어지고 있다. 이 실험에서 既存의 音声認識裝置에서는 충분한 認識率이 얻어지지 않는 것이 밝혀져서 높은 인식율을 가지는 新型음성인식장치의 개발이 촉진되게 되었다. 이 장치는 單語의 構文規則을 이용해서 최대 1,000語 정도까지가 사용가능하며 單語音声의 Temperate의 交替機能을 가지고 있다. 따라서 대화의 배경을

고려한 Temperate의 선택이 가능하며 加一層의 認識率 향상이 기대된다.

CRT를 사용한 감시시스템은 수많이 도입되어 있으나 表示情報의 体系的인 管理制御가 확립되어 있다고는 말하기 어렵다. 人間工学이나 心理学 등에서 얻어진 意見에 의하면 意思決定支援시스템에서의 정보제공기구를 인간의 知覺特性이나 認知特性과 調和시키는 것이 이상적으로 되어 있다. 이것을 달성하기 위한 하나의 試圖로서 원자력플랜트에 관한 운전원의 Mental Model(플랜트기능에 대해서 가지고 있는 이미지)에 따른 画面의 管理制御方式을 개발하고 있다.

각 Window內的의 정보는 번잡하지 않을 정도의 數의 要素를 받아들여 요소사이의 관계가 抽象化되어 간결하게 표현되어 있다. 最上位層의 Window에는 플랜트전체의 운전상태가 나타나고 있으며 출력운전을 계속하기 위해 유지해야 할 기능의 상태가 指標에 의해서 나타나고 있다

画面의 構成要素는 아이콘을 베이스로 하고 있으며 直感的인 상황파악이 가능하다. 最下位層의 Window는 플랜트의 構成機器의 운전상태를 표현하는 것으로 되어있다. 또 윈도우 아이콘을 손가락으로 지정함으로써 관련되는 詳細情報에 Access 할 수 있다. 진단결과에 따라서 운전원이 가장 주의를 집중해야 할 윈도우가 확대되어 주위에 관련되는 윈도우가 표시된다.

이때까지의 연구개발결과에서 音声入力 및 画像表示方式에 관한 기술적실현성의 전망이 얻어졌다. 앞으로는 운전지원시스템과 결부시켜 성능평가를 하여 실용화를 위한 과제를 밝히고 기능의 개선과 강화를 도모할 예정이다.