

電氣設備의 診斷技術

7

第 4 章 劣化診斷의 엑스퍼트시스템

劣化診斷에 대한 엑스퍼트시스템의 응용은 아직 시작 단계에 있으므로 엑스퍼트시스템의 기본적인 고찰방법과 道具를 논하고, 구체적인 응용사례에 대해서는 變壓器의 劣化診斷法에 대하여 언급하기로 한다.

4.1 엑스퍼트시스템

4.1.1 엑스퍼트시스템이란

엑스퍼트시스템(Expert System : 이하 ES라고 표기한다)이란 專門家가 갖고 있는 知識을 이용하여 그 전문영역의 문제를 전문가와 동일한 정도의 능력으로 해결할 것을 목적으로 컴퓨터를 이용하는 시스템을 말한다.

ES는 장래 발전할 것으로 주목받고 있는 AI*(人工知能, Artificial Intelligence) 技術의 한몫을 구성하고 있는 응용분야이다. 이중에서도 현재 이용이 확대되어 가고 있는 1990년대 중반에는 본격적인 실용화시대가 도래할 것으로 예상되고 있

다. ES는 다음과 같은 專門家의 능력이 요구된다.

- (1) 문제를 해결하는 능력
- (2) 결과를 도출하는 경과, 이유를 설명하는 능력
- (3) 새로운 지식을 학습하는 능력
- (4) 지식을 재구성하는 능력
- (5) 규칙의 例外를 처리하는 능력
- (6) 적합한가 부적합한가를 판단하는 능력
- (7) 자신의 專門分野의 경계에 근접하여도 능력이 급격히 저하되지 않을 것

유감스럽게도 현재 ES는 이와 같은 理想像의 극히 일부를 實現할 뿐이고 實用레벨로서 稼動되고 있는 ES의 數도 많은 것은 아니나 各方面에서 정력적으로 연구나 企業化가 進行되고 있다.

4.1.2 問題解決에 있어서 知識의 役割

일반적으로 해결해야 할 문제는 표 4.1과 같이 整構造問題와 不整構造問題로 되어 있다. 종래의 소프트웨어기술은 整構造問題를 대상으로 하였다. 이에 대하여 不整構造問題를 해결하기 위해서는 문제의 定式化를 명확히 하기가 곤란하기 때문에

*AI의 구체적인 응용분야로서는 아래의 (1)~(7)과 같은 것이 있다. 이것은 모두 인간이 이용하고 있는 知識이나 判斷力을 컴퓨터상에 실현하는데 따라서 인간의 知的行動에 가까운 작업을 컴퓨터가 하도록 하는 것이다. AI는 종래의 기술로서는 취급하기 어려운 분야, 종래의 방법으로는 膨대한 工數가 걸린다고 생각되는 분야에서의 활용이 기대되고 있다.

- (1) 엑스퍼트시스템 (2) 지능로봇 (3) 畫像認識 (4) 음성인식 (5) 自然言語理解
- (6) 자동프로그래밍 (7) 맨머신 인터페이스

<표 4.1> 문제의 종류

명칭	내용
I. 整構造問題 (well structured problem)	문제의 해결 알고리즘이 정의되어 있는 문제, 문제해결을 위한 흐름도를 작성할 수 있고 종래와 같이 절차의 언어로서 시스템의 구축이 가능할 것
II. 不整構造問題 (ill structured problem)	문제의 정식화가 명확이 되어 있지 않고 그 해결의 알고리즘을 나타낼 수 없거나 또는 표시가 곤란한 문제

問題領域의 既知의 事實(초기 지식)로부터 목표로의 루트를 자세히 探索해 나가지 않으면 안된다.

컴퓨터로 問題空間을 探索하는 경우 처음부터 끝까지 기계적으로 탐색을 하면 문제가 복잡하게 되어 문제공간이 넓어지고 探索時間이 급증하여 全域探索은 사실상 불가능하게 된다.

人間이 問題解決을 행하는 경우 그 문제에 대한 知識을 活用함으로써 考慮의 대상이 되는 問題空間을 효과적으로 짜넣어 쓸데없는 探索活動을 버림으로써 여러 경우를 간소화하고 있다. 이와 같이 知識을 이용하면 원래 탐색적으로 평가하고 그 결과에 의해서 판단해 왔던 문제의 해결을, 그러한 과정없이도 그대로 해결할 수 있다.

따라서 한정된 시간내에 처리가 곤란한 문제라도 知識을 이용함으로써 쉽게 해결되는 것이 많으므로 이러한 의미에서 知識은 문제해결에 불가결한 것이라 하겠다.

專門家は 문제해결에 있어서 전문지식을 이용하여 효율적으로 작업을 진행하고 있는데 이때 專門知識은 경험적인 聯想의 형태로 표현되는 경우가 종종 있다. 전문가가 관찰의 소견에서 가능성이 있는 원인을 즉시 聯想하는 것은 경험적인 지식때문인 것이다. 이와 같은 思考過程을 휴리스틱(Heuristic)한 方法이라고 하며 專門家は 知識을 이용하여

- (1) 유용한 데이터의 조기발견
- (2) 데이터의 효과적 이용방법의 제안

(3) 思考의 연속적인 흐름이 막혀 발생하는 쓸데없는 노력의 낭비방지

등을 행하고 어려운 문제를 신속히 해결하고 있다.

전문가의 행동양식, 사고방식은 알고리즘에 따르는 것이 적으나 이와 같은 특성을 컴퓨터상에서 실현하도록 하는 것이 知識工學*(Knowledge Engineering)의 목표이다. 따라서 전문가의 지식을 추출해서 표현하고 컴퓨터로서 취급하는 것이 이 영역에서의 중요한 과제이다.

知識利用을 고려할 때 知識은 다음과 같이 분류된다.

- (1) 事實: 어느 특정한 問題領域에 있어서 개념이나 객관적 사실을 나타내는 것으로서 소위 百科事典이라든가 教科書的 知識
- (2) 關係: 각종 知識間의 의존관계나 聯想關係를 나타낸 것
- (3) 節次: 하나의 문제에 대하여 推論 또는 해석을 할 때 實行해야 할 조작을 나타내는 것
- (4) 미터知識: 制御의 지식이라고도 부른다. 주어진 문제를 해결하기 위한 지식에 대한 知識으로서 專門家が 갖고 있는 直觀力에 기초를 둔 문제해결의 지식을 말한다. 미터知識은 그 성격상, 抽出하고 體系化하여 記述하는 것이 곤란한 것이다.

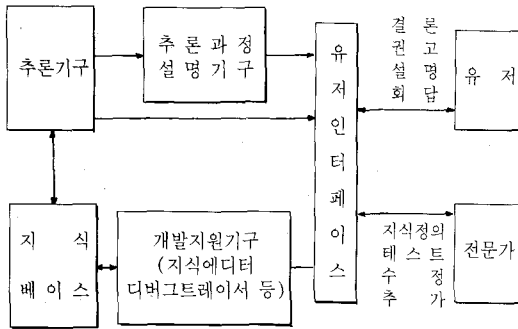
4.1.3 代表的 知識表現과 엑스퍼트시스템의 構造

1. 엑스퍼트시스템의 구성

ES의 기본적인 구성은 그림 4.1과 같고 구성요소는 아래와 같다.

- (1) 대상분야의 專門知識을 표현하고 종합적으로 관리하는 知識베이스(Knowledge Base)
- (2) 知識베이스에 收納된 지식을 이용해서 推論을 실행하는 推論機構(Inference Engine)
- (3) 이용자와 시스템 사이를 연결하는 유저인터

* 지식공학이란 용어는 1977년 인공지능국제회의(IJ CA177)에서 Stanford大의 Feigenbaum이 제창한 것으로서 ES를 만들거나 또는 이를 위한 도구나 수법을 개발하는 것을 취급하는 전문분야를 의미한다.



<그림 4.1> 엑스퍼트시스템의 기본구성

페이스

- (4) 전문가로부터 전문지식을 획득하고 지식베이스를 구축하기 위한 開發支援機構
- (5) 이용자의 요구에 따라서 推論의 과정이나 추론으로 도출한 결론의 根據를 설명하기 위한 推論過程說明機構

ES의 기본적인 성격으로서 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- (1) 전문규칙을 가지고 있을 것
- (2) 맹목적으로 탐색하지 않고 효율적으로 잘 동작할 것
- (3) 記號處理에 의해서 推論을 할 것
- (4) 문제영역에 있어서 기본원리를 알고 있고 專門規則이 우수한 機能을 제대로 다하지 못하는 경우나 문제해결과정의 설명을 행하는 경우 등에 이용될 수 있는 推論力을 구비할 것
- (5) 복잡한 문제를 취급하는데 있어서 문제를 그대로 收納하고 여기에 專門規則이 적용될 수 있는 것처럼 內部表現으로 변환할 수 있는 강력한 인터페이스를 갖출 것
- (6) 설명이나 推論의 정당성을 나타내고 추론의 순서를 합리적으로 재구성할 수 있도록 자신의 知識에 대하여 추론하는 능력을 가질 것

ES로부터 특정분야의 知識베이스를 없애고 ES 構築을 위하여 범용적인 소프트웨어 道具로 한 것을 셸(Shell)이라고 말한다. 이것을 이용하면 ES의 개발에 필요한 工程數가 현저히 삭감되므로 최근에는 각종 특징을 갖는 汎用道具가 제공되고 있

다. 이에 대해서는 4.3.1항에서 자세히 설명한다.

2. 知識表現

ES와 같이 知識을 컴퓨터로서 처리하는데는 知識을 形式化해서 표현하지 않으면 안된다. 知識處理는 知識表現에 따라서 定義되며 이것에 기초를 두어 시스템을 구성하므로 知識表現을 定하는 것은 知識處理의 기본문제이다. 지식표현의 형식은 다음과 같은 요구를 만족하지 않으면 안된다.

- (1) 그 형식으로 표현된 정보는 반드시 처리가능할 것
- (2) 그 형식에서 필요한 意味表現에 대해서 될 수 있는 한 記述力이 있을 것

현재 ES에서 사용되고 있는 기본적인 지식표현은 다음과 같은 종류가 있다.

- (i) 프로덕션시스템
- (ii) 시멘틱네트워크
- (iii) 述語論理
- (iv) 프레임시스템

이하, 현재 ES에 많이 채용되고 있는 知識表現인 프로덕션시스템과 프레임시스템에 대하여 기술한다.

3. 프로덕션시스템

프로덕션시스템(Production System)은 현재 ES로서 가장 많이 이용되고 있는 知識表現과 推論의 시스템이다. 이것은 인간에 있어서 問題解決의 하나인 모델로서 心理學者인 Newell에 의하여 제안된 것이다.

인간은 여러 가지 상황에 대응해서 개별적인 知識을 갖고 있는 것이 아니고 一定한 行動原理에 따라서 個個의 문제를 처리한다고 생각된다. 프로덕션시스템은 이와 같은 行動原理에 대응하는 知識表現과 問題解決의 모델이다. 프로덕션시스템의 원리를 그림 4.2에 나타내었다.

프로덕션시스템의 理論에 의하면 인간은 長期記憶을 갖고 있으며 短期記憶이라고 부르는 少數의 변화하기 쉬운 事物의 모임을 제어한다고 생각하고 있다. 人間の 知識은 장기기억 중에 프로덕션

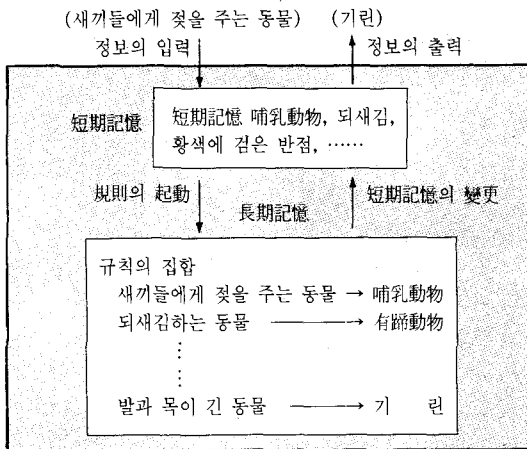
이라고 하는 작은 單位 형태의 패키지로써 記述되어 축적되고 있다. 하나의 프로덕션은 狀況認識部分(前提部)과 行動部分(實行·結論部)으로 구성된 規則이다. 규칙은 [만약 X_1, X_2, \dots, X_n 이라면 Y 이다]라고 하는 형식을 취하고 있어 기본적으로는

IF(前提) THEN(實行·結論)과 같이 표현된다.

短期記憶에는 현재 관심있는 정보가 약간만 저장되고 여기서 정보가 처리된다. 推論이란 단기 기억에 있는 情報에 적합한 프로덕션規則이 起動되는 것이다. 단기 기억에 들어가 있는 事實이 어떤 프로덕션規則의 前提部를 만족한다면 그 규칙이 기동되고 規則의 實行·結論部가 短期記憶에 기입된다. 이 과정을 몇번 반복함으로써 結論이 導出된다.

人間的 短期記憶에 축적되어 있는 情報의 量에는 限界가 있는데 그 項目數는 7 ± 2 로 알려져 있다. 프로덕션 규칙의 起動에 의해서 어떤 결론이 短期記憶에 기입되면 단기 기억에 있는 제일 오래된 項目은 消失되어 잊어버리게 된다.

컴퓨터로서 프로덕션시스템을 구성하는 경우에는 長期記憶은 知識베이스(Knowledge Base), 短期記憶은 作業記憶(Working Memory)이라고 부르는 것이 보통이다. 그림 4.3(a)는 프로덕션시스템의 구조를 나타낸다. 인터프리터는 知識베이스와



<그림 4.2> 프로덕션시스템의 원리

作業記憶의 양쪽을 비교하여 實行 가능한 規則을 선택, 이 중에서 하나를 實行한다.

推論은 그림 4.3(b)와 같은 사이클 반복으로 행하는데 각 스텝에서는 다음과 같은 작업이 실행된다.

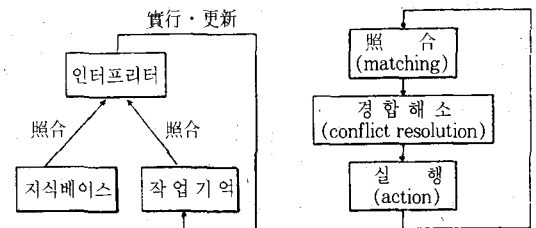
- (1) 比較: 作業記憶과 知識베이스를 비교하고 前提部를 만족하는 규칙을 전부 모은다.
- (2) 競合解消: 收集된 규칙 중에서 선택기준에 따라서 어느 규칙을 선택한다.
- (3) 實行: (2)에서 선택한 규칙의 실행과 結論部를 作業記憶에 써넣고 내용을 更新한다. 推論의 진행방법은 다음과 같은 것이다.

(1) 데이터 驅動形 推論(Data Driven Reasoning): 관측된 데이터를 作業記憶에 할당해 두고 규칙의 前提部와 비교하면서 實行과 結論部의 내용을 作業記憶에 추가하는 것을 반복적인 推論으로서 진행하는 방식을 말한다. 現象에서 結論에 향하여 추론이 진행되므로 前向推論이라고 말한다.

(2) 目標驅動形 推論(Goal Driven Reasoning): 목표가 처음부터 주어진 것으로 이것을 증명하기 위하여 規則을 後向으로 적용하는 방식을 말한다. 後向推論이라고도 한다.

(3) 事象驅動形 推論(Event Driven Reasoning): 事象驅動形 推論은 (1)의 특별한 경우로서 데이터가 시간의 경과에 따라서 변화할 때 가장 새로운 데이터에 反應하여 前向推論을 진행하는 방식이다.

프로덕션시스템의 推論은 前向이나 後向으로도 진행할 수 있으나 그 어느 것을 이용하는 것이 有效한가 하는 것은 추론의 목적과 問題空間의 형태



(a) 프로덕션시스템의 구성 (b) 프로덕션시스템의 推論사이클

<그림 4.3> 프로덕션시스템의 구조와 推論사이클

에 의해서 결정된다. 비교의 결과 지식베이스중에 적용가능한 규칙이 여러 개 있는 경우, 어느 규칙을 실행할까 하는 것을 결정하는 선택기준을 競合解消戰略이라고 말하고 競合解消戰略으로서는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 重要度 優先方式 : 미리 規則의 重要度を 결정해두고 중요도가 높은 순으로 비교하며 照合된 규칙을 실행한다.
- (2) 詳細 優先方式 : 前提部の 記述이 가장 상세한 규칙을 우선적으로 선택한다.
- (3) 最近 規則 優先方式 : 가장 최근에 실행된 규칙을 우선적으로 선택한다.
- (4) 最近 作業記憶要素優先方式 : 가장 최근에 作業記憶에 추가된 要素로 매칭되는 규칙을 우선적으로 선택한다.
- (5) 並列實行方式 : 비교하는 規則을 전부 실행한다.

4. 프레임시스템

프레임시스템(Frame System)은 1975년에 Minsky씨에 의해서 제안된 프레임理論에 기초를 둔 知識表現의 體系이다. 프레임이론에서는 人間の 知識을 [지식의 틀(프레임)]과 [여기에 포함되는 情報(슬롯)]로 구성되는 모델로서 이해하도록 한다.

인간은 새로운 對象, 場所, 狀況 등의 外部情報에 接하면 과거의 經驗에 의하여 推論을 행한다. 즉 기억중에서 그 정보에 대응한다고 생각되는 짜임새-이 짜임새를 프레임(Frame)이라고 부른다-를 선출하고 얻어진 정보와 비교하면서 처리한다.

프레임의 모양은 待期하는 事物이나 場面을 표현하는 데이터구조로서 여기에는 對象의 性質을 표현하는 슬롯이 附加되어 있으며 슬롯의 내용에 필요에 따라서 現實에 맞도록 變경된다.

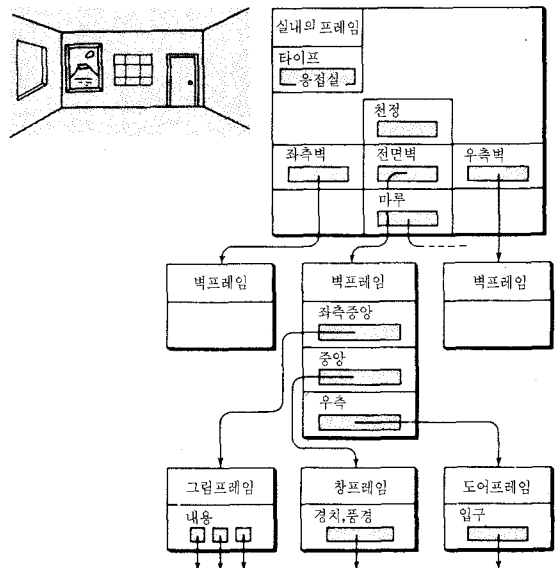
슬롯에 할당되는 정보에는 대상에 관한 각종 정보 이외에 프레임의 이용방법에 관한 것, 다음에 일어날 것으로 기대되는 내용에 관한 것, 그 기대와 같이 되지 않을 경우에 실시되는 행동에 관한 것 등이 있다. 프레임表現의 한가지 특징은 슬롯에 手續形 知識으로서 「무엇을 할까」라고 하는 IF

-ADD形이나 「어떠한 절차를 취해야 할까」라고 하는 IF-NEEDED形의 附加手續(프로그램)으로 채워 넣을 수 있는 것이다.

프레임의 슬롯에는 디폴트값(暗黙値)을 보충할 수 있다. 따라서 細部까지 상세히 알 수 없는 事項의 記述이 가능하게 된다. 디폴트(Default) 값이 사용된다는 것은 일반적인 정보나 가장 일어나기 쉬운 事例 등의 표현에 유효하며 이론을 사용하지 않고 일반화하고자 할 때는 좋은 방법이다.

관계가 깊은 프레임의 모임은 상호 결합되어 프레임시스템을 구성한다. 그림 4.4는 방(室)의 상황을 記述하는 프레임을 나타낸다. 전체를 방의 프레임으로서 표현하고 천정, 벽, 마루 등의 구성 요소에 관한 지식은 각각 프레임으로 나타내고 있다. 하나의 프레임이 다른 프레임의 記述에 사용되고 있으며 프레임은 상호관계를 갖고 있다.

프레임시스템으로 표현된 지식을 이용하여 문제를 해결하는 것은 프로덕션시스템과 똑같이 推論機構가 필요하다. 프로덕션시스템은 3段論法에 의한 推論形式으로 推論이 진행된다. 프레임에는 形式이 프로덕션시스템에 비하여 단순하지 않으므로 推論엔진에 상당하는 부분은 복잡한 것이 많다.



<그림 4.4> 프레임시스템의 예

프레임시스템의 추론은 附加手續이 있는 슬롯을 보충하든가 또는 어느 슬롯이 메워진 결과로서 起動되는가에 따라서 방향이 결정된다. 추론스텝으로서 먼저 현재의 상황을 나타내는 프레임을 선정 후 그 프레임의 슬롯에 의해서 요구되는 細部를 메꾸는 작업이 행하여진다.

슬롯을 채운 프로세스는 새로운 프레임을 호출하고 다시 빈 슬롯을 만드는데 이들의 스텝이 반복됨으로써 추론의 프로세스가 진행된다. 슬롯의 값을 얻는다든가 변경할 때에 기동되는 절차에 의해서 데이터驅動形 또는 目標驅動形 推論이 가능하게 된다.

이러한 처리에 의해서, 예를 들면 어떤 데이터가 얻어질 때 다른 슬롯이나 프레임을 修正한다든지 現行의 프레임이 狀況에 맞지 않기 때문에 다른 프레임을 引出할 수가 있다.

4.1.4 엑스퍼트시스템의 種類

ES를 업무의 형태로 분류하면 表 4.2와 같이 診斷形, 設計形 및 制御形으로 크게 나눌 수 있다. 診斷形 ES에는 주어진 관측데이터로부터 狀況을 추정하는 化學構造解析 등의 데이터解析시스템이나 狀況으로부터 결과를 추정하는 交通豫測 등의 豫測시스템, 그리고 觀測可能한 조건으로부터 시

<표 4.2> 엑스퍼트시스템의 업무형식에 의한 분류

形の 대분류	形の 중분류	내 용
I. 진단형 (분석형이라고도 한다)	① 진단 ② 해석 ③ 의지결정 ④ 콘선테이션	미리 설정된 가설의 집합 중에서 주어진 데이터를 가장 잘 설명하는 가설을 데이터의 분석에 기초를 두고 선택하여 결론하는 시스템
II. 설계형 (합성형이라고도 한다)	① 설계 ② 배치 ③ 계획 ④ 스케줄링	일정의 조건(구속)으로 주어진 요구를 만족하는 최적(또는 타당)인 것을 합성 또는 설계하는 시스템
III. 제어형	① 제어	시간적으로 변화하는 데이터로부터 대상의 상황을 반복해서 해석, 판단하고 대상전체의 동작을 상황적응적으로 제어하는 시스템

스템의 異常을 진단하는 故障診斷이나 醫療診斷시스템이 있다.

특히 고장진단시스템은 표면에 나타나는 현상과 내부에 발생되고 있는 原因關係에 精通한 專門家の 知識이 필요하다. 일반적으로 單一故障인 경우의 診斷은 비교적 쉬우나 複合故障인 경우는 高度의 인간엑스퍼트에 가까운 知識베이스의 ES가 필요하다.

設計形 ES는 구속조건의 근본으로서 對象모델을 구축한다든지 작업의 계획과 立案을 하는 시스템이다. 診斷形과는 달라서 해답이 매우 많이 존재하며 이 중에서 가장 바람직한 것을 결정하기 위한 것이 ES이다. 현재 문제의 어려움이 있기 때문에 실용면에서의 事例는 적으나 ES에의 기대는 크다.

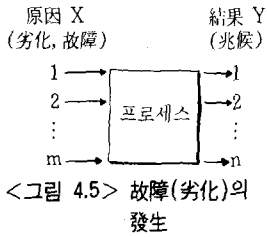
制御形 ES는 온라인으로 異常을 검출하여 異常의 종류를 警報함과 더불어 그 理由와 對策을 지시하는 監視시스템이나 豫測된 결과를 진단하고 制御動作을 실행함으로써 사고를 回避하는 ES이다. 일반적으로 플랜트시스템은 시간에 따라 그 동작이 변화하므로 온라인과 동시에 리얼타임으로 대응하는 기능이 필요하다.

4.2 엑스퍼트시스템과 故障診斷

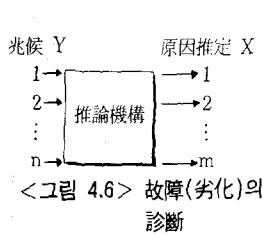
4.2.1 故障(劣化) 診斷

일반적으로 機器 등의 設備가 운전되고 있을 때 설비에 劣化 또는 故障(原因)이 발생하면 무엇인가의 兆候(結果)가 나타난다. 이 관계를 圖示한 것이 그림 4.5이다. 고장진단이란 프로세스에 나타나는 徵兆를 어떠한 수단으로 認知하고 이들의 원인을 추정하는 것이다. 이 관계를 圖示하면 그림 4.6과 같이 된다. 여기서 프로세스 R의 구조는 일반적으로 단순한 것이 아니고 매우 복잡한 상태 위에 그 구조가 완전히 해명되어 있지 않은 경우가 많다. 따라서 兆候(結果)에서 원인을 추정하는 것은 그리 간단하지 않다.

이상에서 본 바와 같이 兆候에서 원인을 추정하



<그림 4.5> 故障(劣化)의 發生



<그림 4.6> 故障(劣化)의 診斷

기 위하여 각종 방법이 종래부터 연구되어 왔다. 예를 들면 原因과 兆候(結果)와의 관계에 대하여 정상시의 모델을 구하고 兆候벡터에 대하여 正常時 모델로부터 偏差의 벡터크기와 방향을 구하여 통계검정을 하는 진단방법, 또는 원인과 결과로 이루어진 CCT(Cause Consequence Tree)를 작성하여 얻어진 兆候(結果)에서 원인의 반대쪽에서 거슬러 올라가는 본래의 원인(劣化, 故障)을 진단하는 방법 등을 들 수 있다.

그러나 결국 故障(劣化) 診斷을 하는 때는 일반적으로 그 분야에 있어서 상당한 고도의 지식과 기술이 필요하고, 특히 일반에서 公知된 確定的인 지식과 이론뿐만 아니라 많은 경험에서 얻어진 소위 專門家만이 갖는 經驗이 중요한 역할을 하고 있다. 이것은 인간의 病을 醫師가 진단할 때 특히 어려운 病人 경우 그 분야에서 高名한 전문의사의 진단이 중요하다는 것을 고려한다면 쉽게 이해될 것이다.

4.2.2 故障診斷에 있어서 Expert시스템의 効用

고장진단에 Expert시스템(ES)을 적용한 경우의 주된 효용은 표 4.3 과 같다. 여기서 표 4.3의 ①에 대해서는 앞으로 電氣設備을 진단하는 경우가 점차 많아질 것으로 생각되나, 한편 診斷 專門家の 數는 그보다 증가하지 않으므로 그 필요성은 앞으로 더욱 증대할 것으로 생각된다.

②에 대해서는 일반적으로 진단에 의해서 얻어진 결론에 따라서 다음 동작(설비의 갱신 여부 등)을 결정하게 되는데 이때 진단결론에 이르는 프로세스나 근거가 명확하면 관계자에게 설명하기

<표 4.3> 고장진단에 있어서 Expert시스템의 효용

NO	효 용
①	이 분야의 비전문가일지라도 전문가와 똑같이 진단을 할 수 있다.
②	진단의 결론에 이르는 프로세스 및 근거를 명확히 설명할 수 있다.
③	고장진단 뿐만 아니고 설비의 사용종류, 중요도(사고인 경우의 영향도) 및 설비갱신의 기본방침 등을 조합한 의지결정Expert시스템과 복합시킴으로써 설비갱신에 대한 결론도 유도할 수 있다.
④	진단기술 개발시 연구해야 할 과제가 명확하고 진단기술 개발을 효과적으로 행할 수 있다.
⑤	전문가가 갖고 있는 지식, 경험을 Expert시스템이라는 형으로 유행화하고 기술에 대한 다음 세대로의 전승이 쉽다.
⑥	전문가의 두뇌에 축적되어 있는 지식, 경험이 Expert시스템 구축의 과정으로 체계화되어, 다음 발전에 공헌하기 쉽다.

쉽고 또한 납득시키기가 용이하게 된다.

③에 대해서는 설비갱신에 대한 기본규칙(방침)이 명확히 확립되어 있고 또한 실적 데이터 등이 많이 축적되어 있다면 이와 같은 것도 충분히 가능하다.

④에 대해서는 Expert시스템 구축시 Knowledge Engineer(이하 KE라고 표기한다)와 대화하게 되는데 대화과정 중에서 진단기술을 확립하는 것 이외에 오히려 부족한 知識이나 經驗을 명확히 하게 되며 이로서 연구해야 할 과제를 예리하게 압축함으로써 진단기술의 개발을 효율적으로 행할 수 있다고 생각된다.

⑤에 대해서는 專門家が 갖고 있는 知識과 經驗이 有形化된 것이 아니면 專門家が 은퇴한 경우 등 장기간 축적된 기술이 다음 世代로 引繼되지 않는다는 문제가 발생된다. 그런데 ES를 구축하면 이 과정에서 전문가가 갖고 있는 지식과 경험이 有形化되므로 이것에 의해서 기술의 傳承이 용이하게 된다.

⑥에 대해서는 전문가가 갖고 있는 지식과 경험은 반드시 전문가의 두뇌에 정확히 정리, 체계화된 형태로 格納되어 있는 것이 아니나, 이것은 ES를 구축하는 과정에서 體系化되기 쉽고 이로부터 그 기술은 다음 세대의 발전에 공헌하기 쉽게 된다.

→ 다음 호에 계속