

# “知識의 적극적 利用이 궁극목표”

류 길 수  
〈韓國海洋大교수〉

## 역사적 배경

지식공학은 인공지능에 기초를 두고 여기에서 파생된 하나의 분야이다. 이들의 관계를 역사적으로 살펴보자. 인류의 역사적 발전을 더듬어 올라가면 제1세대는 인간의 손과 발만을 이용하던 시대였고, 제2세대는 힘이 덧붙여진 세대 즉 기계를 이용하던 시대였으며, 증기엔진의 발명 이래 비약적으로 능력을 가진 것들이 등장하게 되었다. 제3세대는 인간의 육체적 구조를 넘어 시간과 거리를 극복하는 시대로 망원경이나 확성기 혹은 무선통신장치들이 등장하게 되었다. 제4세대에 들어서서는 인간의 신경계를 모방한 신경피이드백계를 대상으로 한 것으로 오토메이션 즉 자동기계가 출현하게 되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 인류가 만들어낸 도구나 기계 등은 인간이 가지고 있는 동물적 능력을 확대한 것으로부터 시작하여 점차 고차의 능력을 추출하여 이용하는 것이라고 말할 수 있다. 따라

서 다음 제5세대의 기계는 인간의 뇌기능을 추출대상으로 하게 되리라는 것은 필연적이다.

인공지능의 분야는 위에서 말한 것과 같은 흐름에 따라 인간의 지능을 표본으로 하여 지능적인 기능을 가진 기계 혹은 시스템을 개발하고자 하는 시도인 것이다. 인공지능은 의도적이던 아니던간에 여러방면에서의 어프로치가 있었다. 예를 들면 Shanon이나 Turing이 컴퓨터 체스에 관하여 논한 것이 1930년대의 일이며 이것은 컴퓨터가 출현하기 이전이었다. 이와 같이 인공지능의 원류를 반세기전까지 거슬러 올라갈 수 있지만, 인공지능의 대상하드웨어가 컴퓨터인 이상 그 전개는 컴퓨터의 발전과 밀접하게 관련되어 있고 인공지능에서의 기초가 완성된 것은 1960년대에 들어서이다. 1960년대는 대형의 컴퓨터 출현에 의해서 많은 성과가 있던 시대였다. 이후 많은 성과를 올렸다고는 하지만 실용화라는 관점에서부터 살펴보면 초기의 희망적 예측과는 달리 기대에서 벗어나는 면도 있었다는 것은 부정할 수 없는 사실이다. 즉 Heuristic 수법을 이용하는

Tree 탐색이나 논리학의 응용만으로는 인간의 지능적 행동을 실현하기에는 무리가 있다는 비판이며 이것은 또한 사실이었다. 여기에 지식의 필요성이 채용되었는가는 판단하기 어렵지만, 어쨌든간에 1970년대 초기에 Stanford대학에서 DEN-DRAL 혹은 MYCIN 등 엑스퍼트시스템의 성과가 인공지능분야에 지식공학이라는 분야를 개척한 것으로 되었고, 1975년의 Minsky의 Frame이론의 제안에 의해 새로운 시대에 접어들게 된 것이다. 즉 그 이전까지의 “지혜의 이용”으로 부터 “지식의 이용”으로 전진한 것이다. 이후 현재에 이르기까지 지식을 적극적으로 이용하고자 시도한 엑스퍼트시스템이 수없이 개발되어 온 것이다.

## 지식의 정의

지식을 이용하는 것은 지적인 행동에 있어서 중요한 것이지만 이 지식이란 도대체 무엇인가? 지식공학에서의 지식으로서 중요한 것은 그것을 필요로 하는 경우 쉽게 이용할 수 있도록 저장되어 쉽게 참조할 수 있는 형태로 정리되어 있지 않으면 안된다는 것이다. 지식은 자주 데이터와 비교된다. 데이터란 필요한 정보가 陽으로 표현되어 있는 것에 비해 지식은 陰으로 표현된 것도 포함된다. 혹은 데이터는 논리적으로 명확한 정보이며 지식은 논리적 기술이 곤란한 정보도 포함한 것을 말한다. 예를 들어 “한국해양대학 학생수는 3500명이다”라고 하는 것은 데이터이다. 왜냐하면 3500명이라는 숫자 자체가 직접 이용될 수 있는 정보이기 때문이다. 한편 “감기에 걸렸을 때에는 비에 젖지 않도록 하지 않으면 안된다”라는 것은 일상생활에서 자주 이용되는 단순한 지식임에도 불구하고 “젖는다”라는 말은 어느정도 젖는가는 그만두고라도 “젖지않도록” 하기 위해서는 구체적으로 어떻게 하는 것인가가 명확하지 않다. 만약 이것을 컴퓨터에 가르쳐주도록 하려면 구체적으로 집밖에 나가지 않는다는가 우산을 쓰면 젖지 않는다는 것을 나타내지 않으면 안된다. 따라서 지식을 이용하는 경우에는 陰으로 표현된 것을 陽으로 표현하는 것이 필요하고 여

기에 추론이 필요하게 된다.

지식이 데이터와 다른 또 하나의 점은 많은 지식이 자연언어로 표현되어 있다는 것이다. 더욱 근본적으로 생각해보면 자연언어 조차도로도 표현하기 힘든 지식도 존재할 것이다. 단, 컴퓨터를 대상으로 하는 지식을 생각할 때는 이러한 심오한 지식에 관해서는 현재 어찌할 도리가 없기 때문에 언급하지 않기로 하지만, 자연언어로 표현할 수 있는 지식에 관해서도 실제로 시스템에서 이용할 때 많은 문제점을 지니고 있다는 것을 지식공학자들은 파악하고 있다. 즉 자연언어로 표현되거나 기술되는 지식을 이해하기 위해서는 자연언어의 이해를 포함한 지식처리시스템의 구축이 필요하다. 그러나 자연언어처리 자체가 불충분한 현재 지식처리시스템에 제약이 가해지는 것은 당연한 이치이다. 단순한 데이터 처리와는 완전히 차원이 다른 이야기라고 해도 좋을 것이다.

한편 지식을 이용하는 시스템에서의 지식은 i) 사실, ii) 관계, iii) 절차, iv) Meta지식(제어지식)으로 크게 분류될 수 있다. i), ii)는 어떤 특정한 문제영역에 있어서의 개념이나 객관적 사실로 구성되는 것이다. iii)의 절차를 표현하는 지식은 자연언어로 기술할 때 불확실성이 포함되기도 한다. 개념이나 객관적 사실에 관한 지식에 대해서도 자연언어보다는 音·畫像 등 다른 미디어로 표현하는 쪽이 적격한 경우가 적지 않다. 지식이 용시스템에서 가장 중요한 것은 iv)의 Meta지식이다. 즉 주어진 문제를 해결하기 위한 지식으로서, 인간 혹은 전문가가 가지고 있는 직관력에 관계된 것과 같은 그야말로 지능적인 문제해결을 위한 지식이다. 이 지식은 그 성격상 추출하고 체계화하고 기술하는 것이 곤란하지만 교차의 문제해결에 필요한 수법을 제공하게 된다. 실제의 시스템에 있어서는 밖으로 보이지 않는 부분에서 Rule의 적용이나 추론의 방법을 부여하는 것이

이 글은 韓國船舶機關學會에서 발간한 학회지 제15권, 제1호에서 전재한 것임

〈편집자註〉

이 지식이며 인간의 지능적 행동이 이 지식에 관련된다고 생각할 수 있다.

### 지식의 체계화

지식의 체계화는 시스템에서 전문적 지식만을 취급하는 경우에는 별로 문제시 되지 않는다. 왜냐하면 이미 체계화된 지식만을 사용하기 때문이다. 그러나, 인간이 가지고 있는 지식처리기구에 유사한 시스템을 고려하는 경우에는 지식의 체계화는 가장 기본적인 문제로 대두된다. 전문적 지식은 전문적인 것 즉 체계화되고 불확실성이 적은 것이 보통이며 그 이외의 것은 극히 일부이지만, 현재의 시스템에서는 체계화된 지식만을 이용하고 그 이상의 것에 대해서는 고려하고 있지 않다. 즉 체계화된 지식만으로도 충분하다는 생각이다. 그러나 일상생활에 이용되고 있는 지식은 전문적 지식의 이용과는 다르게 체계화되어 있다고 해도 어떠한 형태로 표현 가능한가 하는 문제가 남게 된다. 어쨌든 인간이 이용하고 있는 지식의 형태와 현재 컴퓨터 내부에서 표현이 가능한 지식과의 사이에는 표현 이상의 갭이 존재하고 있는 것이 사실이다.

과연 지식이 체계화되어 있는가 하는 문제를 검토해 보기 위해서는 우선 시스템에 지식이 어느정도 필요한가를 설정하지 않으면 안된다. 여기서 "程度"라고 하는 것은 量보다 質의 문제이며, 어느정도 상세한가 하는 것이다. 예를 들어 영화나 사진에서 볼 수 있는 거리의 풍경이 외국 거리인가 또는 우리나라 거리인가를 구분하는 것은 우리들에게 있어서 그렇게 어려운 문제가 아니다. 그렇지만 이렇게 구분하기 위해서 필요한 지식은 도대체 어느 정도나 될 것인가? 단적으로 말하면 백과사전에 있는 표현으로 지식이 활용되는가 하는 문제이다. 이와 유사한 것으로 意圖 등을 포함한 문장을 기계 번역하기 위해서 이용되는 지식에 관해서도 같은 문제가 발생할 것이다.

지식이용시스템이 아주 좁은 분야에 한정되어 있다면 필요로 하는 지식이 어느정도 예측될 수 있지만 넓은 범위에 이용되는 경우에는 일부지식

이 결핍되거나 필요없는 지식이 증가되기 쉽다. 여기에서의 지식은 사실에 관한 것이지만 이것이 사물 혹은 사실간의 관계를 나타내는 지식이라면 범용적인 시스템에서 나타나는 현상은 한층 더 심하게 나타난다. 예를 들어 의미 네트워크(Semantic Network) 표현방식을 이용하는 경우 기술을 상세하게 하면 할수록 네트의 Arc수가 증가하여 실현불가능할 정도로 복잡하게 된다. 더욱이 이것이 Meta지식에 까지 올라가면 말할 필요조차 없게 된다. 문제해결을 위한 Meta지식의 체계화라고 하는 것은 그러한 지식이 어떻게 전문가 혹은 인간의 머리속에서 정리되고 선택되어 이용되는가 하는 것조차 불확실하다. 물론 이 문제는 단순히 지식 이용시스템에 국한된다고보다는 인간의 창조적인 기능에 관한 문제일지도 모른다. 인간의 思考에 속하는 문제라고 한다면 인간자신의 연구가 필요하게 될 것이다. Feigenbaum교수의 「전문가는 자신이 생각하고 있는 이상의 지식을 가지고 있다」라는 말을 떠올려볼 필요가 있다. Meta지식에 관한 계속되는 이야기지만 Meta지식을 Implement하기 위해서는 특정한 문제영역에 관련하고 있는 전문가의 사고 과정을 충분히 알 필요가 있으며 이를 위해서는 전문가의 충분한 협력이 요구되는 것이다.

사실 지식이용시스템에서 이용되고 있는 지식은 체계화되어 있거나 혹은 지식획득과정에서 체계화되지 않으면 안된다. 학습(Learning)은 이중 하나의 수법이다. 체계화되어 있지 않은 지식은 그대로 매장되거나 검색과정에서 부담이 될 뿐이다. 엑스퍼트시스템이 오늘날까지 기대한 만큼 실용화되지 않은 이유중의 하나는 필요한 지식이 체계화되어 있지 않거나 혹은 체계화된 지식이 아주 좁은 범위에 한정되어 있기 때문이다. 여기에 엑스퍼트시스템이 아직도 충분히 실용화 될 수 없는 한계가 존재할 지도 모른다.

### 엑스퍼트시스템의 응용

엑스퍼트시스템의 응용은 아주 광범위하지만 여기서는 응용분야에 관한 설명 대신 문제를 대

표적으로 분석형, 합성형, 제어형으로 나누어 각각의 성격이나 Approach에 대하여 설명하기로 한다. 한편 분석형은 선택형 혹은 진단형, 합성형은 설계형이라고도 불린다. 제어형은 분석형과 유사하지만 실시간(Real-time)에서 응답해야 하는 점, 연속운전할 필요가 있는 점 등 몇가지 다른 점이 있다.

### 분석형과 합성형

엑스퍼트시스템이 대상으로 하는 문제는 가지각색이지만 문제해결의 성격으로부터 관찰해보면 대조적인 그룹 즉 분석형문제(Analysis-based problems)와 합성형문제(Synthesis-based problems)로 분류된다. 단 양쪽의 경계가 반드시 명확하게 분할되는 것은 아니다. 여기에서는 일단 이 두 그룹으로 분류되는 것으로 하고 각기 다른 점을 살펴보기로 한다. 이 차이는 대단히 중요하며 지식 표현모델 및 추론제어기법의 선택에 큰 영향을 미칠뿐 아니라 실현하는데 있어서 곤란한 점이 서로 다르다. 분석형의사결정문제는 미리 설정된 가설(Hypothesis)의 집합 중에서 주어진 데이터를 가장 잘 설명할 수 있는 가설을 선택하여 결론짓는 문제이다. 예를 들어 의학진단지원시스템에서는 미리 설정된 가설(병명)집합중 하나(혹은 여러개)를 환자데이터의 분석결과에 따라 선택(진단)하는 수단이 취해지고 있기 때문에 전형적인 분석형의사결정문제에 속한다. 이것과 유사한 문제로서는 법률상담, 고장진단, 정책결정, 능력개발 등을 들 수 있다.

한편 합성형의사결정문제는 일정한 구속조건(Constraints) 하에서 주어진 요구를 만족하는 최적(또는 타당)한 시스템을 구성하는 문제이다. 일반적으로 설계에서는 여러개의 요소(부품)을 조합하여 목적으로 하는 시스템을 구축하기 때문에 미리 가설로서 모든 후보를 설정해두는 것은 불가능하다. 분석형문제에 있어서의 처리는 Analysis 중심이며 합성형문제에서는 Synthesis가 중심이다. 예를 들면 프로그램작성은 전형적인 합성형 문제이다. 여기에서는 주어진 요구사항에 준하여 설계사양을 작성하고 이것에 준하여 프로그램구

조(데이터구조 및 알고리즘)를 설계하여 이것을 프로그래밍어로 기술하는 프로세스가 취해진다. 이 문제가 복잡한 경우에는 각 단계에서 설계자의 전문적인 기술(Expertise)이 이용된다. 단 만들어진 프로그램은 정해진 컴퓨터환경 하에서 요구대로 움직이는 완전한 것이지 않으면 안된다. 즉 설계의 각 단계에서는 설계자의 경험이나 취향에 준한 의사결정(이것은 논리적으로 증명불가능함)이 이용되지만 문제해결의 결과로서의 제품은 완전한 것이지 않으면 안된다. 합성형의사결정문제에는 Scheduling, LSI설계, 전자회로설계, Plant설계, 실험계획, 약품설계, 재료설계, 구조물설계나 CAD가 포함된다. 의학에 있어서의 치료계획이나 CAI도 합성형문제 쪽에 가깝다. 단, 각각의 문제분야에 따라 전혀 다른 방법을 필요로 한다. 더욱이 절차나 방법이 비교적 표준화되어 있는 분야가 있는 반면 그렇지 않은 분야도 있다. 표준화되어 있는 분야에 대하여서는 유효한 수단이 점차 연구되고 있지만 그렇지 않은 분야에 대해서는 인공지능(AI) 이전에 해결되어야 할 문제가 많이 있으며 이것들이 합성형문제에의 응용을 곤란하게 하고 있다.

한편 분석형 의사결정문제의 특징은 선택해야 할 가설집합을 미리 설정해 놓고 이것과 선택규칙 집합에 의해 만들어지는 문제공간(Problem space)이 한정되기 때문에 모델작성이 쉽다(거꾸로 말하면 문제공간이 한정되지 않으면 모델작성이 곤란하다). 이러한 모델작성의 전형적인 방법은 소견과 가설을 결부시키는 평가규칙을 지식베이스로 준비해 두고 부여된 데이터에 준하여 각 가설에 대한 평가치를 구해 값이 가장 큰 가설을 결론으로서 결정하는 것이다. 이에 대해 합성형 의사결정문제에서는 미리 결론의 후보를 설정해두는 것이 불가능하기 때문에 극단적으로 말하면 무한에 가까운 가설 중에서 결론을 찾는 것에 상당하기 때문에 문제공간이 대단히 커지며 따라서 추론모델의 설정이 곤란하게 된다. 단 설계는 부분적으로 볼 때 선택으로 치환할 수 있으므로, 일정한 구속조건을 만족하는 부품의 조합만이 결론으로 된다. 경우 결론의 후보가 여러개 존재할 수 있기 때문

에 최적인 후보를 결정하지 않으면 안된다. 따라서 최적성의 평가가 필요하게 된다.

또 분석형문제에서는 각 가설을 기호로 나타낼 수 있으므로 비교적 간단하지만 합성형문제에서는 설계대상의 구조적모델표현이 필요하게 된다. 복잡한 시스템의 모델표현 및 그 합성 등의 조작은 어려운 문제이며 지금까지 개발된 엑스퍼트시스템의 대부분이 분석형문제를 대상으로 하고 합성형문제에 대해서는 아직까지도 간단한 예에 지나지 않는 것은 대상모델(Object model)의 문제가 해결되지 않는 것이 큰 이유중에 하나이다.

합성형문제에의 Approach를 더욱 세분하면 두 종류로 분류할 수 있다. 제1 Approach는 일정한 구조조건 하에서 부여된 요구를 만족하는 시스템으로 합성하는 방법이며 합성에 기반을 둔 합성이라고 말할 수 있다. 요구가 어떤 형태로 부여되는가에 따라 달라지지만 이용가능한 부품을 적절하게 조합하면서 부여된 요구가 만족되도록 합성해 가는 것이 이 방법이다. 설계사양의 작성은 이 종류의 대표적 문제라고 할 수 있다. 또한 요구로서 명확한 형태로는 부여되지 않지만, 부여된 데이터로부터 구속조건을 추론하여 표준부품을 조합하면서 시스템을 합성하는 엑스퍼트시스템이 있으며, 예를 들어 DENDRAL, HEARSAY-II, RI 등이 이 방법에 속한다. 이외에도 여러가지 실현법이 있겠지만 일반적으로는 부여된 데이터로부터 명확한 요구를 찾아내어(추론단계), 다음에 시스템을 합성하는(합성단계) 것에 의해 실현되어진다. 물론 여기에서는 전문가의 Expertise가 이용된다. 이와 같이 생각하면 화상이해, 음성이해, 자연언어처리 등도 이와 유사한 합성형문제라 할 수 있을 것이다.

제2의 Approach는 Macro한 표현을 상세한 표현으로 전개(분해)하는 것에 의해 시스템을 형성하는 가는 방법이며, 전개에 기반을 둔 합성법이라 말할 수 있다. 구체적으로 말하면 엄밀한 표현형식으로 기술된 사양서가 주어져서 일정한 구속조건 하에서 구체적인 시스템설계로 전개해 나가는 방법이다. 따라서 설계프로세스가 표준화되어 있지 않으면 안된다. 즉 설계작업이 多段으로 되

어 있고 각 단계에서의 입력사양기술과 출력사양 기술 및 전개방법이나 평가기준 등이 표준화되어 있을 필요가 있다. 예를 들면 知的VLSI설계시스템과 같이 주어진 사양으로부터 연산모듈, 논리 회로, 전자회로로 점차 자동적으로 전개해 상세하게 설계하는 Approach는 이 예이다. 자동전개 처리에 있어서 전문가의 Expertise를 이용한 추론을 적용하여 필요없는 탐색을 가능한한 피하는 연구가 중요하게 된다. 전개에 의한 설계의 Approach는 기계설계, 건축설계분야에는 적용가능하지만, Software개발이나 약품설계, 재료설계 등과 같이 표준화가 늦어지고 있거나 혹은 곤란한 분야에는 적용 곤란하며 이러한 분야에는 제1의 Approach 방법이 적절할 것이다.

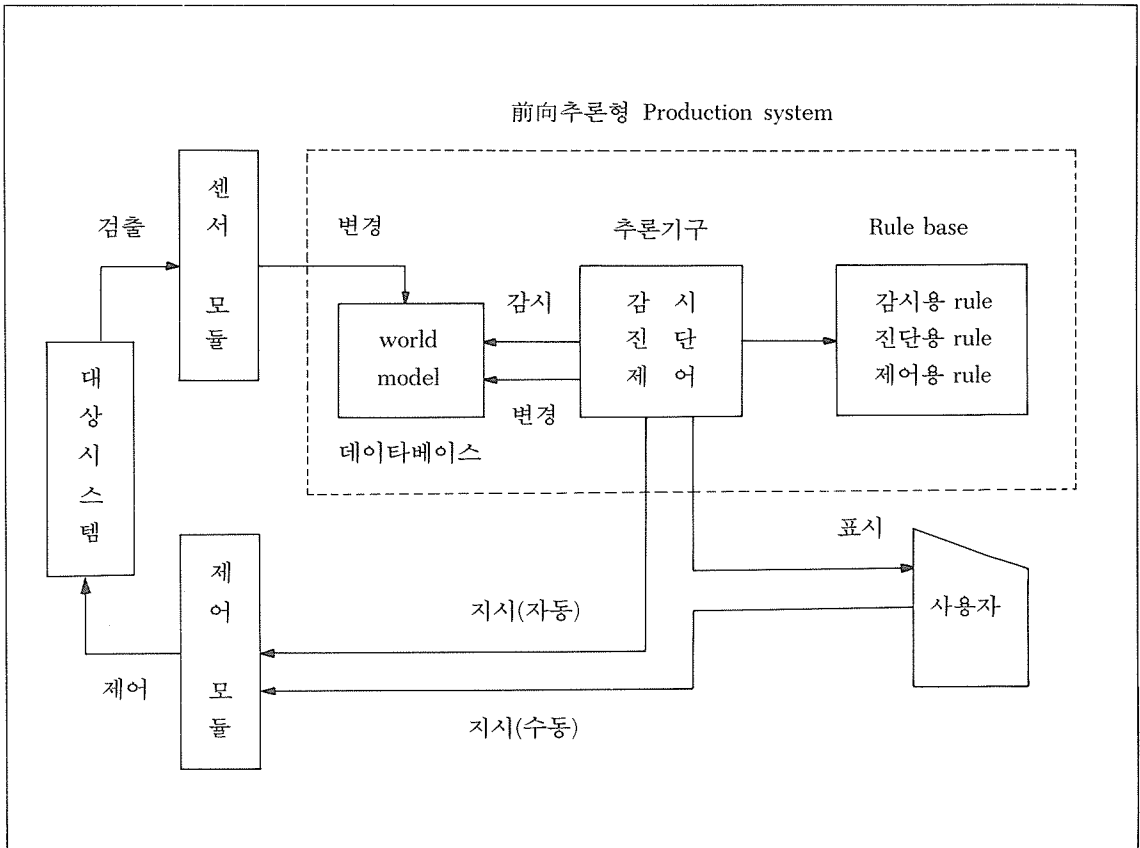
한편 합성형문제와 분석형문제를 명확하게 구별할 수 없는 경우가 있다. 합성에 기반을 둔 분석(Analysis by synthesis)에 의해 진단을 수행하는 고도의 진단법이 이 예이다. 이 경우에도 주어진 데이터를 기초로 추론하고 대상모델을 합성하는 방법이 취해지고 있다.

### 제어형

제어형문제는 엑스퍼트시스템으로 간주할 때 분석형문제에 가깝지만 제어에 특유한 문제도 많이 포함되어 있다. 시스템의 제어라고 하는 것은 시스템을 정해진 일정한 조건에서 운전하는 것이라고 말할 수 있다. 제어대상시스템은 일반적으로 복잡하다는 것, 정상상태와 과도상태에서 다른 제어가 필요하다는 것 특히 운전개시 등의 과도상태에서는 불안정한 동작을 하기 쉽다는 것 등의 특징이 있다. 이와 같은 시스템을 제어하기 위해서는 연속적으로 감시하고 異常動作을 검출 혹은 예측하여 적절한 제어를 할 필요가 있다. 또 여러가지 외란 중에서 바람직한 동작을 취하도록

과학없이 발전없고  
기술없이 선진없다.

〈그림-1〉 Production System에 의한 시스템제어의 개념도



하는 것도 요구된다. 더욱이 다른 엑스퍼트시스템과 크게 다른 점은 실시간에서 추론하고 제어할 수 있는 Speed가 기본적으로 요구된다는 것이다. 제어대상이 복잡하고 변화가 빠르게 되면 현재의 엑스퍼트시스템에서는 치명적인 문제로 대두된다. 또 전력이나 석유화학 등 대규모이며 복잡한 Plant의 제어나 전차, 선박 등의 운전제어는 크게 다르다. 따라서 당연히 서로 다른 Approach가 필요할 것이다.

한편 설계나 운전제어에는 Feedback제어를 중심으로 하는 고전제어이론이 응용되고 있지만 그 조건들이 너무 복잡하여 부분적인 응용을 제외하고는 취급할 수 없다. 컴퓨터제어는 복잡한 시스템을 대상으로 하여 실용되고 있지만 제어프로그램이나 보수에 문제가 있다. 현재는 숙련기술자

가 이러한 문제를 대신해 주고 있지만 숙련기술자들을 확보한다는 것이 점점 곤란해지고 있다. 엑스퍼트시스템의 개념이나 기법이 주목되고 있는 것은 이러한 배경에서이다. 간단한 제어엑스퍼트시스템은 〈그림1〉에 표시된 것과 같은 Production System에 의해서 실현될 수 있다. 고도의 시스템제어에 있어서는 예측제어 기능이 필요하게 되고 數理모델에 의한 시물레이션 기능이 포함될 필요가 있다. 즉 현재의 시스템상태와 데이터를 기초로 시물레이션하여 장래를 예측하고, 혹시 문제가 있으면 몇가지 대책을 선택하여 시물레이션을 통하여 평가한 다음 최적의 제어를 결정하는 것은 안전을 보증하기 위해 불가피하다. 단 이것은 장래의 과제이며 현 시점에서는 Speed조차도 충분하게 극복되어 있지 않은 실정이다.