

〈학술정보〉

수자원 관련 분야의 전문가 시스템 개발 추세

Development of Expert Systems for Water Resource System Management

오 경 두*

1. 전문가 시스템의 역사와 배경

제2차 세계대전이 끝나갈 무렵, 영국에서는 일단의 과학자들에 의해서 "AND," "OR," "NOT"과 같은 논리 연산자(logical operators)를 사용하는 범용 컴퓨터(general-purpose computer)의 개발을 위한 연구가 활발해 진행되고 있었다. 결국, 1946년 미국에서 ",", "—," "<," ">," "="과 같은 산술 연산자(numerical operators)를 기본으로 설계된 컴퓨터가 출현하여 전 세계적으로 각광을 받게 됨에 따라 논리 연산에 바탕을 둔 컴퓨터 개발에 대한 열기는 식게 되었지만 소수의 컴퓨터 공학자들은 컴퓨터를 이용한 비산술적 정보(non-numerical symbols) 처리 방법에 관한 연구를 계속하여 왔다. 이들의 연구는 그 당시 인간 행동을 시뮬레이션 할 수 있는 컴퓨터 프로그램 개발을 모색하던 심리학자들의 관심을 집중시키게 되었으며, 결국 이들 두 분야의 과학자들이 수 년간에 걸친 공동 연구 끝에 인공지능(artificial intelligence)이라고 불리우는 컴퓨터 공학의 새로운 분야가 탄생하기에 이르렀던 것이다.

전문가 시스템(expert systems)은 자연 언어 처

리(natural language processing), 로봇공학(robotics) 등과 더불어 인공지능의 한 분야를 이루고 있다. Feigenbaum은 전문가 시스템을 다음과 같이 정의하였다.

"...an intelligent computer program that uses knowledge and inference procedures to Solve problems that are difficult enough to require significant human expertise for their solution. Knowledge necessary to perform at such level, plus the inference procedures used, can be thought of as a model of the expertise of the best practitioners of the field."

전문가 시스템(expert systems)이라는 용어는 초기의 시스템들을 개발하는 과정에서 전문가들을 인터뷰하여 지식을 획득한데서부터 유래하고 있는데, 현재에는 지식 시스템(knowledge systems)이라는 용어가 널리 쓰이고 있다.

1960년대 중반에 전문가 시스템이 본격적으로 등장하기 시작한 이래로 가장 성공적인 전문가 시스템의 예로서 MYCIN과 PROSPECTOR를 들 수 있다.

*육군사관학교 토목공학과 조교수

MYCIN은 1970년대 중반에 스탠포드대학에서 혈액 내의 박테리아 감염을 진단하여 처방전을 제시할 수 있도록 개발된 시스템으로서 스탠포드대학 의과대학의 전문의 교수들과 비교하여 거의 같은 수준의 진단 및 처방 능력을 갖고 있는 것으로 평가되었다. MYCIN은 불확실한 정보에 대하여 "UNKNOWN"이라는 압력을 허용하며, 시스템의 질문에 대한 응답자의 확신도를 -1과 1 사이의 수를 사용하여 입력할 수 있도록 한다.

PROSPECTOR 역시 스탠포드대학연구소(SRI)에서 개발된 시스템으로서 1978년 워싱턴주의 톨만산(Mt. Tolman)에 매장된 매장량이 풍부한 몰리브덴 광맥을 찾아냄으로써 처음으로 상업적 성공을 거둔 전문가 시스템이 되었다.

2. 전문가 시스템의 구조

전문가 시스템이란 특정분야에 대한 전문적인 지식과 논리적 추론기능을 이용하여 전문적인 지식이나 복잡한 의사결정 과정을 필요로 하는 문제를 해결하는 컴퓨터 프로그램이다. 이러한 전문가 시스템은 크게 지식베이스(knowledge base)와 추론기관(inference engine)의 두 부분으로 구성되어 있다.

특정분야에 관한 지식은 조건-결과법칙(if-then rules)의 형태로 재구성되어 지식베이스(knowledge base)를 형성하게 되며, 추론기관(inference engine)은 이 내장된 지식과 사용자로부터 얻어진 정보나 사용자의 요구 사항에 따라 논리적 추론기능을 사용하여 문제해결을 시도하게 된다. 수질오염방지를 위한 대책을 결정하는 지식베이스의 일부로서 다음과 같은 조건-결과 법칙을 예로 들 수 있겠다.

```

RULE for selection of BMPs
IF site area IS less than 5 acres
AND slope IS steeper than 5 percent
AND drainage pattern IS draining toward a
single point
THEN recommended BMP IS sedimentation
pond
    
```

이와 같은 전문가 시스템은 기존의 전통적인 프로그래밍기법과 비교하여 다음과 같은 장점들을 가지고 있다. 첫째로, 전문가 시스템은 불완전(incomplete)하거나 불확실(uncertain)한 정보를 처리할 수 있는 기능을 가지고 있다. 예를 들어 사용자가 불확실한 데이터를 입력해야 하거나 지식베이스에 포함된 지식들이 확실적인 타당성을 가질 경우에 데이터에 대한 확신정도(degree of certainty) 또는 조건-결과 법칙들의 신뢰도(confidence level)를 입력할 수 있도록 함으로써 추론기관이 문제 해결 과정에서 이러한 정보를 전파(propagation)하여 어떠한 결론에 도달하거나 문제 해결 방안을 제시할 때에 이들 결론 또는 해결 방안과 함께 이들에 대한 신뢰도의 평가까지 함께 제공하게 된다. 둘째로, 전문가 시스템들은 고유의 설명기능(intrinsic report function)을 가지고 있어서 시스템이 사용자에게 입력을 요구하고 있는 특정한 데이터나 정보가 문제 해결에 있어서 어떠한 맥락으로 필요하게 되었는지 또는 어떠한 논리적 추론과정을 거쳐서 특정한 결론에 도달하게 되었는지를 사용자에게 명확히 설명해 줌으로써 시스템 자체 뿐만 아니라 시스템으로부터 제시된 결론에 대해서 사용자의 이해와 신뢰도를 높일 수 있다. 그리고 또 하나의 전문가 시스템의 중요한 특징은 특정한 문제의 해결에 필요한 지식(domain knowledge)과 이러한 지식을 이용하여 논리적 추론을 수행함으로써 문제 해결 방안을 도출하는 추론 및 통제(control and reasoning)기능이 분리되어 있다는 점이다. 이러한 지식베이스와 추론기관의 분리는 지식베이스의 확장과 수정을 간편하게 하여 전문가 시스템 개발에 소요되는 노력과 시간을 현저히 줄일 수 있도록 해주며, 나아가서 일반적인 추론기능을 갖춘 전문가 시스템 셸(expert system shells)의 출현을 가능케 함으로써 컴퓨터 공학분야의 전문가가 아니더라도 쉽게 전문가 시스템을 개발할 수 있게 되었다.

그러나, 이러한 장점과 더불어 몇가지 단점들을 지적할 수 있는데, 우선 전문가 시스템들은 논리연산(logical processors)을 바탕으로 하고 있기 때문에 반복적인 산술계산이나 정형적(algorithmic)

인 문제해결에 있어서는 FORTRAN과 같은 기존의 전통적인 프로그래밍 언어들에 비교하여 볼 때 비효율적이라는 점이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 전문가 시스템들은 FORTRAN이나 PASCAL과 같은 프로그래밍언어로 구성된 외부 프로그램(external programs)과 쉽게 정보를 교환할 수 있는 기능(hooking function)을 갖추으로써 이와 같은 단점을 어느 정도 극복하고 있다. 그러나 전문가 시스템 개발에 있어서 가장 큰 문제점은 지식베이스를 구성하는데 필요한 해당 분야의 지식이나 경험을 전문가로부터 획득하는데 많은 시간과 노력을 필요로 한다는 점이다. 지식베이스를 구성하는 일은 통상 많은 반복 작업과 세밀한 검증을 필요로 하는 지루한 과정으로서 전문가 시스템 개발에 있어서 최대의 애로사항(bottleneck)이라고 할 수 있다.

3. 수자원 관련 분야에의 적용

환경 및 수자원 분야는 고도의 복잡성과 불확실성을 내포하고 있는 자연 현상을 기본적인 대상으로 하여 이들을 이해하고 문제의 해결을 추구하게 됨에 따라 많은 경험과 전문적인 지식, 그리고 여기에 바탕을 둔 건전하고 합리적인 판단 능력이 절실히 요청되는 분야라고 할 수 있겠다. 이러한 환경 및 수자원 분야의 특성에 비추어 볼 때 전문가 시스템은 이들 분야의 문제 해결을 위하여 유용하게 적용될 수 있는 가능성이 매우 높다고 하겠다.

실제로 이들 분야에 있어서 개발되었거나 개발 중인 전문가 시스템들은 일일이 열거하기 어려울 정도로 많은데, 여기에서는 수자원 분야에서 비교적 널리 알려진 HYDRO, QUAL2E Advisor, Seattle Water Department Expert System(SWDES)에 대하여 소개하기로 하겠다.

HYDRO는 가장 성공적인 수자원 관련 분야의 전문가 시스템 가운데 하나로 평가되고 있는데, 이 시스템은 Hydrocomp, Inc.에서 개발한 수문학적 수계 모형인 HSPF의 매개변수 설정을 지원하기 위하여 스탠포드 대학 연구소(SRI)에서 개발하였다. HYDRO는 토양종류, 식생, 강우, 유출, 기온과 같은

수계 특성으로부터 매개변수의 값을 계산하게 되는데, 이때 입력 데이터의 불확실성을 고려하여 사용하는 압력치의 범위(예, 10-20)나 단일 입력치와 확신도(예, 15(70%))를 시스템에 제공할 수 있다. HYDRO는 각 매개변수에 대하여 가장 가능성이 높은 값과 이 값에 대한 신뢰도를 함께 제시한다.

QUAL2E Advisor는 미국 환경청(U. S. EPA)에서 개발한 하천 수질 모형인 QUAL2E의 입력 자료 작성을 지원하도록 Barnwell 등이 개발한 전문가 시스템이다. 이 시스템의 지식베이스는 QUAL2E Advisor의 개발에 참여했던 학자들의 지식과 문헌 조사를 통한 지식을 포함하고 있다.

SWDES는 시애틀 상수도국의 갈수기 물 수급 계획 및 관리를 지원할 수 있도록 워싱턴 주립대학에서 개발한 전문가 시스템이다. SWDES는 최적화 기법, 데이터베이스 관리 시스템, 그래픽 모듈과 전문가 시스템 기법을 종합한 의사결정 지원 시스템이다. SWDES의 지식베이스는 Type I과 Type II의 두 가지 유형의 지식을 포함하고 있다. Type I 지식은 시애틀 상수 공급 시스템의 현재 상태 및 갈수 가능성을 평가하기 위한 지식들이다. Type II 지식은 현재의 상수 공급 시스템의 상태와 과거의 갈수 기록을 이용하여 일련의 갈수 관리 방안을 제시하도록 구성되어져 있다.

4. 결론 및 전망

전문가 시스템 기법은 단순한 수학적 연산의 절차를 넘어서서 실제의 전문가가 문제 해결과 의사 결정을 수행하는 과정에서 지금까지 거의 묵시적으로 사용해오던 논리적 절차와 경험, 직관적 판단, 주관적 지식 등을 포착하여 컴퓨터 프로그래밍화함으로써 효율적인 의사결정 모형을 구축할 수 있도록 해준다. 이와 같은 전문가 시스템 기법은 수자원이라는 대단히 복잡하고 불확실한 시스템의 효율적 관리를 위한 새로운 의사결정 지원 기법으로서 크게 기여할 것으로 전망 된다. 수자원 관련 분야의 전문가 시스템 개발로 지금까지 몇몇 전문가들만이 소유하고 있던 지식이나 경험들이 지식베이스로 체계화됨으로써 지

로 해수를 양수시키게 하고 저수지엿 물을 낙하시켜 발전한 폐수를 다시 저장통에 유입된 해수를 부력통 (2)내로 유입되게 하여 부력통의 중량을 최대로 변환시켜 저장통 (14)과 부력통 (2)의 통로는 차단시키고 해수만을 저수지에 양수시키게 한 다음 브레이크 슈우를 해탈시키게 되면 부력통 (2)은 하강 하면서 양수기 (11)를 전술한 바와 같이 가동시켜어 해수를 저수지에 계속 공급시키게 되고 이 간조 수위보다 최대로 침수된 지점에 부력통 (2)이 간조 수위에 이르러 정지가 될 때에는 양수기의 체인지 밸브 (12)는 그림7의 (에)에시한 바와 같이 전동 장치에 의하여 변환시켜 모든 방향의 통로를 차단시키게 되고 다시 상기에서와 같이 치차 (10)에는 전동장치에 의해 브레이크 슈우가 제동되고 이와 동시에 고동치차 (8)는 중립 위치에 형성되어 치차 (7)를 해탈 시키게 되고 수위 조절수문 (15)은 전동장치에 의해 폐쇄 시키고 이와 동시에 고동치차 (8)는 그림5의 (나)에 예시한

상태에서 전동장치에 의해 교체시키어서 치차 (7)와 교합되고 또한 브레이크 슈우는 치차 (10)를 제동시키고 만조시를 대기하게 되는 것이다.

미설명 부호 9는 추, 17은 송수관, 18은 통기관 그림 6은 동력전달장치예시도이다. 그림 2는 만조에서 간조를 대기하는 그림이고 그림3은 간조에서 만조를 대기하는 상태의 그림이다.

이상에서와 같이 본 발명은 부력통 (2)이 상하이동됨에 발생되는 부력통의 점점 줄어드는 부력과 하중의 운동에너지를 고동 치차 (8)로 변속조절되게 하여 부상력과 낙하력을 시종 균배하고 부력통의 수위조절 수문과 브레이크 슈우 및 체인지 밸브를 동력전달 전동장치에 의해 제어 작동되게 하여 따라서 균일하고도 큰 에너지를 얻게되어 양수는 물론 동력에너지 발생을 최대로 증대시키게 되는 효과가 있는 것이다.

→ 28p에서 계속

식의 축적효과와 더불어 수자원 관리에 경험이 많지 않은 초보자들도 전문가와 거의 동등한 수준에서 수자원 관리에 대한 분석과 계획을 수행 할 수 있게 되었으며 전문가의 문제 해결 방법을 습득함으로써 효율적인 지식 전달과 교육이 이루어 질 수 있을 것으로 기대 된다.

지금까지 살펴본대로 전문가 시스템은 다양한 유형의 문제에 성공적으로 적용되어왔다. 그러나, 많

은 전문가 시스템들이 개발되어 실제 업무에 사용되지 않고 사장되는 경우가 있었다. 그 가장 큰 원인으로서는 전문가 시스템 개발과정에 사용자들에 대한 충분한 연구와 고려가 없었기 때문이라고 지적되고 있다. 시스템 유용성을 재고시키기 위해서는 사용자의 필요와 수준에 부합되는 지식획득과 인터페이스 설계에 더욱 많은 관심과 노력이 경주되어야 하리라 사료된다.

→ 35p에서 계속

2. Bretschneider, C. L., 1958. *Revisions in wave forecasting, Deep and shallow water*, [Proceedings of the 6th Conference on Coastal Engineering]. A. S. C. E., pp. 30-67.
3. 김태인, 최한규, 전병호, 1987. 설계파에 의한 방조제단면결정, 농림수산부 농업진흥공사, p. 229.
4. U. S. Army Corps of Engineers, 1984. [Shore Protection Manual], Vol. 1, Chapter 3.
5. Brestschneider, C. L. and R. O. Reid, 1954. *Modification of wave height due to bottom friction, percolation and refraction*, U. S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, [Technical Memorandum No. 45], 36 pp.

6. Svedrup, H. U. and W. H. Munk, 1947. *Wind, sea, and swell: theory of relations for forecasting*, [Publication No. 601], U. S. Navy Hydrographic Office, Washington, D. C.
7. Hasselmann, K., D. B. Ross, P. Muller and W. Sell, 1976. *A parametric wave prediction model*, [Journal of Physical Oceanography], Vol. 6, pp. 200-228.
8. Resio, D. T. and Vincent, C. L., 1977. *Estimation of winds over Great Lakes*, [Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Division], Proceedings of the A. S. C. E., Vol. 103, No. WW3, p. 265-283.