

**Integrating Expert Systems and Artificial Neural Networks :
A Theoretical Review**

Kim Seung-Woon*

ABSTRACT

The Expert Systems (ES) and the Artificial Neural Networks (ANN) have been each demonstrated some specific advantages and disadvantages. These two technologies can be integrated to exploit the advantages and minimize the disadvantages of each method used alone.

This article examines the implications and strategies that are involved with the integration of these two technologies. Specifically, the strengths and weaknesses of each are explored, and a justification for integrating the two technologies is discussed. Several different strategies for expert system and neural network integration are reviewed, a survey of existing integrated systems is presented, and the challenges that are faced in integration are discussed.

I. 서론

기업의 경영환경이 급속히 변화하고 매우 복잡한 양상을 띠게 됨에 따라 정보를 효율적으로 처리하고 경영문제의 해결을 효과적으로 지원하기 위하여 새로운 정보기술의 활용은 불가피하다. 전문가시스템(expert system ; ES)과 인공신경망(artificial neural network ; ANN)은 이러한 요구에 맞추어 일부 기업들에 의하여 도입되어 활용되고 있는 정보기술이다.

전문가시스템은 인공지능분야의 연구를 실무에 응용한 것으로 특정 도메인(domain)의 지식을 추론기능과 결합함으로써 인간전문가의 성과에 견줄만한 수준의 의사결정성적을 달성할 수 있도록 한다. 원래 전문가시스템은 의학적 진단, 광물탐사 및 컴퓨터 하드웨어

* 전북대학교 상과대학 경영학과 강사

의 구성에 적용되었으나 현재는 경영분야에까지 그 적용영역이 확대되어 활발히 이용되고 있다.

인공신경망은 생물학적 신경망(biological neural network)을 모방한 모형으로서 망구조로 연결된 인공 뉴런(artificial neuron)으로 불리는 다수의 처리단위(processing unit)를 이용하여 다량의 정보를 병렬적으로 처리하는 최근의 인공지능(artificial intelligence ; AI)기술이다[15]. 인공신경망의 병렬처리설계는 동시에 수많은 요인들을 고려함으로써 많은 변수를 가진 문제를 분석하는데 있어서 탁월한 성능을 발휘하도록 만든다.

이러한 전문가시스템 및 인공신경망의 발전과 관련하여 흥미 있는 논의중의 하나는 별개의 독립적인 기술로 존재하고 있는 두 기술을 통합하는 문제이다. 전문가의 지식을 수록하여 전문적인 판단을 제시하는 전문가시스템과 표본 자료로부터 학습할 수 있는 인공신경망의 통합은 현재의 전문가시스템의 개념을 확장시킬 뿐만 아니라 두 기술의 특성을 최상으로 제공하는 시스템을 구성할 수 있기 때문이다[13].

따라서 본 연구에서는 이러한 두 기술의 통합의 의의 및 전략에 대하여 이론적으로 검토한다. 우선 각 기술의 강·약점을 분석하고, 두 기술의 통합에 대한 정당성을 검토한다. 그리고 전문가시스템과 인공신경망 통합을 위한 몇 가지 상이한 전략들을 제시한다. 마지막으로 두 기술의 통합에 있어서 부딪치게 되는 기술, 행동론 및 설계상의 과제를 논의한다.

II. 전문가시스템과 인공신경망의 본질

1. 전문가시스템

인공지능은 지능을 가진 인간이 하는 것과 동일한 작용을 할 수 있는 능력을 컴퓨터에 부여하는 것이며, 인간의 두뇌를 모방하여 인간의 문제처리를 컴퓨터가 대신하도록 하는데 초점을 두고 있다. 전문가시스템은 이러한 인공지능에 포함되는 한 분야로서 문제분석과 의사결정에 있어서 컴퓨터가 인간을 보조할 수 있게 하는 정보처리기술이다.

전문가시스템에 대해서는 여러 가지로 정의되고 있으나, 인간전문가의 전문적 자문이 필요한 어려운 문제에 대하여 시스템 내부에 저장된 지식과 추론장치를 이용하여 문제해결을 지원하는 컴퓨터 시스템이라고 정의할 수 있다[16]. Luconi 등[10]은 전문가시스템의 특징으로 i) 특정문제에 대한 전문화된 지식의 이용, ii) 수치적 계산보다는 기호적이거나 질적인 추론의 이용, iii) 비전문가보다 나은 문제해결능력 등을 들고 있다. 즉 전문가시스템은 보통 사람들이 해결하기 어려운 특정분야의 문제를 해결할 수 있는 이른바 전문가적 문제해결 능력을 컴퓨터 프로그램으로 실현시킨 것으로서 지식 엔지니어(knowledge engineer)가 전문가와 대면하여 그로부터 획득한 지식을 이용하여 지식 베이스(knowledge base)를 구성하고, 인간의 추론과정을 모형화하여서 구축된다.

전문가시스템은 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 전문가의 지식이 표현되고 저장된 지

식 베이스, 저장된 지식에 근거하여 얻고자 하는 결론을 추론하는 장치인 추론기관(inference engine), 추론과정을 설명하는 설명기관(explanation unit), 사용자와 시스템간의 상호작용을 가능하게 해주는 사용자 인터페이스(user interface), 그리고 데이터베이스(database)로 구성된다.

전문가시스템은 두 가지 방식으로 개발할 수 있다. 첫째, LISP이나 PROLOG 등의 프로그래밍 언어로 지식 베이스, 추론기관, 사용자 인터페이스 등을 직접 프로그램화하여 개발할 수 있고, 둘째, 이미 상업화된 범용 전문가시스템 개발도구를 이용하여 훨씬 간편하게 개발할 수도 있다. 후자의 방식은 적은 노력으로 쉽게 개발할 수 있다는 장점이 있으나 범용성 있는 셸(shell)을 이용하므로 문제의 특성을 고려한 최적의 시스템을 개발하기 어려운 경우가 발생할 수 있다[1].

전문가시스템은 인공지능의 연구영역 중에서 가장 현실문제에 많이 적용되고 또한 상업적으로 성공한 분야이다. 경영, 진단 및 보수, 엔지니어링, 제조, 금융, 통신, 의학, 법률, 건설 등 산업의 전 분야에 적용되고 있고 종래 과학적 방법이나 경험적 지식만으로는 해결하지 못했던 문제나 해결하기 어려웠던 문제들을 해결할 수 있는 방법으로 각광을 받고 있다. 또한 여러 전문가나 전문가 집단의 전문성을 시스템으로 보존하기 때문에 한 두명의 전문가보다는 더 좋은 의사결정의 성과를 거둘 수 있다. 훨씬 신속하고, 논리적으로 보다 일관성이 있으며, 여러 명의 전문가의 지식을 보유할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

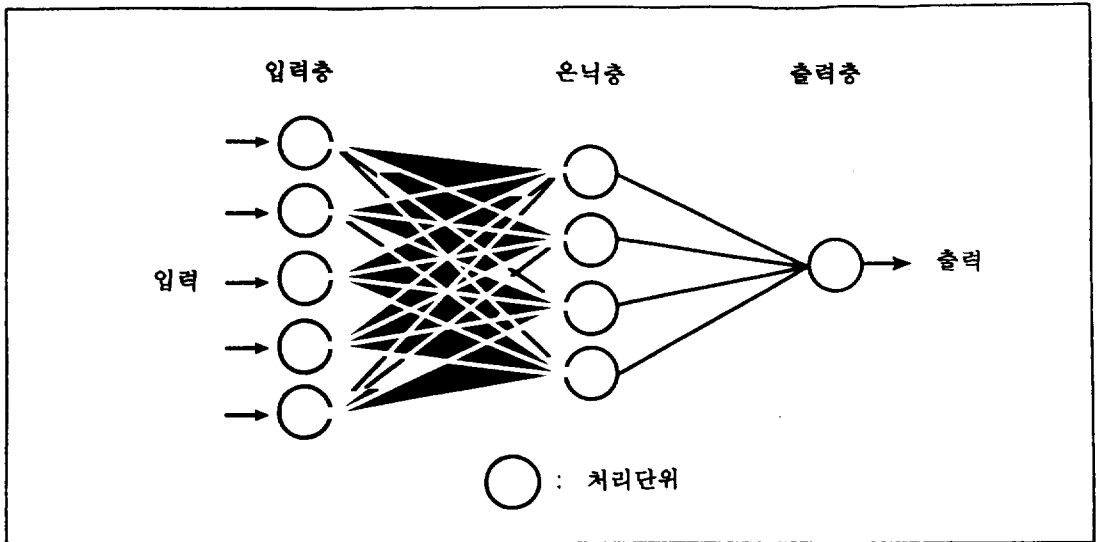
2. 인공지능망

기존의 인공지능은 인간의 추론을 자동화하는데 있어서 상당한 진전을 가져왔지만 주로 인간의 지식을 표현하고 순차적으로 처리하는데 초점을 두고 있었다. 최근 들어 인간 두뇌의 처리기능을 모방한 구조와 처리능력을 가진 컴퓨터를 구현하기 위한 새로운 접근방법으로서 인공지능망에 관한 연구가 가속화되고 있다.

인공지능망은 생물학적 신경망을 모방한 모형으로 네트워크 구조로 상호연결된 인공 뉴런으로 불리는 일련의 처리단위를 이용하여 고집적 병렬처리(massive parallel processing)가 가능하도록 구성된 소프트웨어이다[15].

인공지능망은 생물학적 신경망을 구성하는 뉴런에 해당하는 상호연결된 다수의 처리단위로 구성된다. 각각의 처리단위는 입력을 받아서 처리하고 단일의 출력값을 산출한다. 출력값은 최종적인 결과가 되거나 다른 처리단위의 입력으로 사용될 수가 있다. 그리고 일련의 처리단위는 계층(layer)으로 구분된다. <그림 1>은 인공지능망의 한 전형적인 구조를 도시한 것이다. 그림에 제시된 바와 같이 이 인공지능망은 입력층(input layer), 은닉층(hidden layer), 출력층(output layer) 등 세 개의 층으로 구성되어 있다. 입력층과 출력층 사이에 몇 개의 은닉층이 들어갈 수도 있다.

인공지능망은 처리단위들의 연결방법에 따라 여러 가지의 형태를 취한다. 정보처리에 있어서 다수의 처리단위는 동시에 연산을 수행한다. 이러한 병렬처리는 인간의 두뇌가 작용하는 방법과 유사하며 이전의 순차적 연산과는 차이가 있다.



<그림 1>인공신경망 모형

인공신경망은 병렬처리의외에 학습능력(learning capability)을 지니고 있다. 인공신경망에서 학습과정은 특정 규칙에 따르거나 혹은 무작위적으로 처리단위들간의 연결에 대하여 가중치(weight)를 부여하는 것으로 시작된다. 각 처리단위는 가중 처리된 입력의 합을 토대로 하나의 출력값을 보낸다. 이러한 방식으로 산출된 실제 출력값과 기대 출력값을 비교하여 그 오차가 줄어들도록 특정의 학습 알고리즘(learning algorithm)에 따라 처리단위간의 연결 가중치를 수정해 나간다. 시스템에 제시된 일련의 학습자료를 가지고 이러한 과정을 수없이 반복하면 충분한 신뢰성을 가지며 올바른 값을 출력할 수 있게 되는 것이다.

인공신경망은 이러한 병렬처리 및 학습능력을 바탕으로 과거 인공지능에서 해결하기 어려운 문제들이었던 패턴인식(pattern recognition), 퍼지(fuzzy)정보처리, 기계학습(machine learning) 분야에서 새로운 접근방법으로 각광받고 있다. 최근에는 최적화, 일정관리, 품질관리, 예측, 주식시장 분석 등 경영문제 전반에 걸쳐 응용이 시도되고 있다.

3. 두 기술의 비교

<표 1>에 제시된 바와 같이 전문가시스템과 인공신경망의 특성을 보면 몇 가지 점에 있어서 차이가 있다. 두 기술의 기초 측면에서 보면, 전문가시스템은 논리에 기초를 두고 있고, 인공신경망은 수치 및 연상 처리를 이용하여 인간 두뇌의 지적 기능을 모의화하고자 한 것이다. 이 두 기술은 관점에 있어서도 차이가 있다. 전문가시스템은 거시적 관점을 가지며, 인공신경망은 두뇌의 구조와 기능을 연구하기 때문에 미시적 관점을 갖는다.

두 기술은 정보처리방법에 있어서도 다르다. 전문가시스템은 순차적 처리 방법을 사용하나 인공신경망은 병렬적으로 처리한다. 인공신경망의 처리단위인 노드(node)는 다른 노드와 함께 병렬적으로 시스템 기능을 수행한다.

학습과 추론에 있어서는 전문가시스템의 학습은 시스템 외부에서 이루어진다. 따라서 지식이 외부에서 획득되고 지식 베이스로 코드화된다. 인공지능망에서는 지식이 노드간의 연결강도로서 저장된다. 학습은 내부에서 이루어지며 동태적이다. 또한 두 기술은 상이한 추론 방식을 사용한다. 전문가시스템의 추론방식은 연역적이며 일반화된 특정 도메인의 지식은 시스템 외부에서 개발되어서 시스템 내부로 코드화된다. 인공지능망에서는 원시 훈련자료로부터 내부적 지식 베이스를 구성하기 위하여 귀납적 추론방식이 사용된다[13].

전문가시스템은 보다 계속적으로 코드화된 지식을 필요로 하며, 이때 지식은 전문가들로부터 획득된다. 반면에 인공지능망은 다량의 가공되지 않은 자료를 필요로 한다. 전문가시스템에서 지식 표현은 명시적이며 인간전문가가 이해할 수 있는 형태를 취하므로 타당성을 입증하기가 용이하다. 그러나 인공지능망에서 지식은 처리단위간의의 상호연결강도의 형태로 저장되기 때문에 타당성을 입증하는 것이 어렵다.

두 기술은 기본적인 원리에 있어서도 차이가 있다. 전문가시스템은 수학적 논리 (mathematical logic)에 기초를 두며, 객체 지향 접근방식(object-oriented approach)에 따른다. 또한 대부분의 전문가시스템은 확정적 상황을 가정하며 불확실성은 추가장치를 이용하여 처리한다. 이와 반대로 인공지능망은 통계적이며 확률적이다.

해를 구하는 알고리즘(algorithm)과 사용자 인터페이스(user interface)에 있어서도 차이가 있다. 전문가시스템의 해법 과정은 지식 베이스에 대한 후방연쇄법(backward chaining) 또는 전방연쇄법(forward chaining)에 기초를 두고 있으며, 구성요소간의 정교한 연결을 요한다. 인공지능망은 시스템이 이전에 학습했던 것을 호출하기 위하여 근사 연결을 사용한다. 전문가시스템은 사용자가 왜 그 결과가 도출되었으며 어떻게 도출되었는지를 시스템에

<표 1> 전문가시스템과 인공지능망의 특징

전문가시스템	인공지능망
거시적 관점	미시적 관점
순차적 처리	병렬처리
시스템 외부 학습	시스템 내부 학습
논리적, 연역적 추론	연상적, 귀납적 추론
명시적 지식	함축적 지식
지식추출을 통한 시스템 구축	예제 자료를 이용한 학습을 통한 시스템 구축
수학적 논리	통계적, 확률적
정교한 연결	근사적 연결
사용자 지향적	데이터 지향적
폐쇄적 시스템	자기 조직화 시스템

자료 : Osyk, B. A. , and B. S. Vijayaraman, Integrating Expert Systems and Neural Nets, Information Systems Management, Vol. 12, No. 2, p. 48, 1995.

Turban, E., Decision Support Systems and Expert Systems, 4th ed., Prentice-Hall, Inc., p. 709, 1995.

조회할 수 있기 때문에 사용자 친숙적(user-friendly)인 것으로 볼 수 있다. 그러나 인공지능망의 지식 베이스는 사용자에게 있어서는 블랙 박스(black-box)이다.

전문가시스템은 현재 광범위하게 사용되고 있으나 인공지능망은 대부분 아직도 그 잠재성에 대하여 논의되고 있는 상태이다. 예컨대, 수많은 전문가시스템 응용들이 문헌에 발표되고 있으나 성공적인 상업용 인공지능망 응용은 보고된 적이 거의 없다.

Ⅲ. 통합의 필요성

전문가시스템과 인공지능망의 특징을 비교해 볼 때, 두 기술의 통합은 독립적으로 이용될 경우의 각각의 기술의 강점을 부각시키고 약점을 보완함에 의하여 시너지 효과(synergy effect)를 가져올 수 있다. <표 2>는 전문가시스템과 인공지능망 기술의 강·약점을 요약한 것이다.

인공지능망과 비교할 경우에 전문가시스템의 강점은 무엇보다도 의사결정안을 산출하기 위하여 사용된 절차의 해독가능성(readability)이다[17]. 특히 규칙기반 전문가시스템(rule-based ES)은 지식 베이스가 조건-행위 형태의 명시적인 규칙으로 표현되기 때문에 판독과 이해하기가 용이하다. 또한 전문가시스템에 의하여 산출된 의사결정안에 대한 설명을 제공하는 것도 어떤 조건이 그 규칙을 발화시켰는가를 정확히 파악할 수 있기 때문에 용이하다[5].

<표 2> 전문가시스템과 인공지능망의 강·약점

전문가시스템의 강점	인공지능망의 약점	전문가시스템의 약점	인공지능망의 강점
탁월한 설명기능	설명기능의 결여	개발과정에서의 전문가 참여의 필요성	전문가 불필요
다양한 구축 도구 이용가능	응용분야에 따라 별도의 개발	장기의 개발기간	단기간내 개발 가능
다수의 성공적이고 실용화된 시스템 참고 가능	참고할만한 시스템 부재	지식 베이스 구축의 곤란 및 장기간 소요	지식 구축의 단순성
강력한 사용자 인터페이스	열악한 사용자 인터페이스	데이터의 완전 무결성	결점, 잡음이 있는 자료 이용가능
잘 개발된 S/W	H/W, S/W 개발 단계	정태적, 외부 학습	동태적, 내부 학습
타당성 입증 용이	타당성 입증 곤란	대규모 시스템의 경우 유지 곤란	소규모 망의 계층적 연계를 이용한 대규모 문제해결, 유지 용이

그러나 전문가시스템의 지식 베이스 생성은 명시적 규칙에 대한 요구로 인하여 전문가 시스템 구축에 있어서 어려운 과업으로 인식되고 있다. 이 문제는 인간의 지식의 대부분이 함축적이기 때문에 발생한다. 지식이 함축적인 도메인의 경우에 명시적으로 규정된 명확하고 완전한 의사결정 규칙을 구성하기가 곤란하다[12]. 만일 함축적 지식이 명시적 규칙으로 표현된다고 하더라도 지식획득과정에서 주요한 정보의 손실이 발생할 수 있다. 더욱이 도메인 전문가는 지식의 함축적 속성 때문에 자신들의 추론과정을 반영할 수 없는 경우도 종종 있다[17]. 이러한 환경 하에서 특정 도메인의 초보자인 지식 엔지니어는 보통 독학이나 관찰을 통하여 다른 추가적인 지식을 획득하며 그것은 상당한 시간과 노력이 소요된다. 더구나 복잡한 지식 베이스는 처음에 단순한 지식 베이스를 구축하고 경험을 통하여 형성된 지식을 추가하는 방식으로 구축되어야 한다. 그러나 불행히도 규칙기반 시스템의 경우는 경험으로부터 새로운 지식을 형성하는 것이 불가능하다[3].

인공신경망은 일련의 면담이나 관찰을 통하여 도메인 전문가로부터 명시적인 규칙을 추출하는 대신에 일련의 과거 자료의 형태로 제시되는 입력과 출력간의 함수적 관계를 자동적으로 추출하기 위하여 학습 알고리즘(learning algorithm)을 사용한다[14]. 인공신경망은 입력 자료가 잡음(noise)이 많고 불완전할지라도 입력으로부터 출력을 사상(mapping)시킬 수 있음이 입증되었다[9]. 귀납적 방법(inductive method)과 비교해 볼 때, 잡음이 있고 불완전한 자료 환경에서 인공신경망은 ID3 귀납법보다 약간 높은 정확성을 보여 주었다. 만약 훈련 표본이 이용가능하다면 인공신경망은 전문가시스템의 지식획득에 소요되는 시간에 비하면 비교적 단기간 내에 대량의 정보를 획득할 수 있다[7].

또한 인공신경망은 단일 개념이 특정한 구조의 망 내에 다수의 산술적 가중치로 분배되는 분산 형태를 취한다. 그리고 망의 개별적인 가중치는 조건-행위관계를 포함하지 않는다. 그러나 일련의 가중치와 처리단위는 함축적인 의사결정규칙을 나타낸다. 따라서 일부 처리단위와 가중치에 대한 손상이 신경망의 전체적인 성과에 치명적으로 영향을 미치지 않기 때문에 높은 수준의 오류 허용도(fault-tolerance)를 제공한다[9]. 이러한 특징으로 인해 만일 분석되어야 할 자료의 값의 범위가 꽤 넓거나 자료에 대한 추론이 애매하다면 인공신경망은 지식 베이스를 생성하기 위한 실행가능한 대체적 방법이 될 수 있다. 그러나 인공신경망에서는 지식이 망 전체로 분산되기 때문에 지식을 해독하고 이해하는 것이 어렵다. 이로 인해 입력 변수의 특성을 기술하고 특정의 결론에 도달하게 된 이유를 설명하는 것이 불가능하다[8].

전문가시스템은 이러한 인공신경망의 한계점을 보완할 수 기능을 제공한다. 전문가시스템은 인공신경망에 의하여 만들어진 선택안에 대한 설명을 제공하며 상호작용적, 동태적, 시각적 문제 해결 기능을 가진 사용자 친숙적인 인터페이스도 제공한다. 또한 전문가시스템은 인공신경망을 선정하고 구성하고 작동하고 유지하는데 있어서의 지원도구로 사용될 수도 있다[17].

IV. 통합 전략

전문가시스템과 인공지능망의 통합을 위한 몇 가지 전략이 학자들에 의하여 제시되었다. Medsker[11] 등은 전문가시스템과 인공지능망의 통합을 위한 모형으로 i) 독립형, ii) 전이형, iii) 약결합형, iv) 강결합형, v) 완전통합형 등 다섯 가지를 제시하였다.

독립형(standalone model)은 어떤 방식으로든 상호작용하지 않는 독립적인 소프트웨어 요소들로 구성된다. 단지 두 기술은 한 기술이 다른 기술의 타당성을 입증하는 기능을 한다. 전이형(transformational model)은 한 시스템에서 시작하여 다른 시스템에서 종료되는 형태이다. 예컨대, 인공지능망은 추세와 관계를 파악하는 기능을 수행하며, 전문가시스템을 위한 기초로 사용된다. 이 형태에서 인공지능망의 결과를 전문가시스템으로 전이하는 것이 보다 일반적이다.

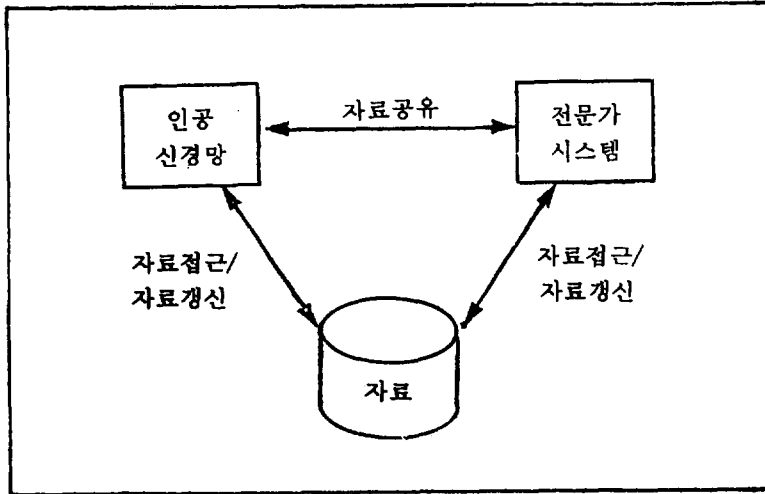
약결합 모형(loose coupling model)은 전문가시스템과 신경망의 실질적인 통합으로 볼 수 있는 것 중에서 가장 기초적인 형태이다. 이 모형은 자료 파일을 통하여 상호 전달되는 별도의 구성요소들로 구성된다. 예를 들어, 인공지능망은 자료를 전문가시스템으로 전달하기 이전에 자료를 조절하는 전위 처리기(front-end processor) 역할을 수행한다. 인공지능망은 잡음을 제거하거나 대상을 확인하거나 패턴을 인식하기 위하여 사용되기도 한다. 그 다음에 전문가시스템은 분류, 확인 또는 기타 문제를 해결하기 위하여 이 정보를 이용하는 것이다.

강결합 모형(tight coupling model)은 외부 자료 파일보다는 메모리 상주 자료 구조를 통하여 정보가 전달된다. 이것은 상호작용 기능을 개선시키며 성과를 강화할 수 있다. 약결합형에 비해 처리속도가 약간 빠른 것을 제외하고 두 기술의 구성요소들간의 결합은 동일하다.

완전통합형(full integration model)은 자료구조와 지식표현을 공유하며, 구성요소들간의 커뮤니케이션은 구조상의 이중적 성질을 통하여 이루어진다.

Medsker 등이 통합을 위한 모형으로서 제시한 위의 다섯 가지 모형 중에서 처음 두 가지 모형은 실질적인 통합시스템으로 보기는 어렵다. 이는 한 기술의 강점이 다른 기술의 약점을 보완할 수 없으며, 따라서 어떠한 시너지 효과도 거둘 수 없기 때문이다.

Caudill[2]은 전문가시스템과 인공지능망의 통합을 위한 전략으로 i) 분할 정복, ii) 인공지능망 이입, iii) 이야기식의 설명, iv) 인공 전문가 등을 들고 있다. 이 중에서 분할 정복(divide and conquer)은 문제를 분할하여 각 부분들을 전문가시스템이나 인공지능망중에서 보다 적절한 기술에 의하여 해결하는 것이다. 인공지능망 이입은 인공지능망이 전문가시스템의 한 구성요소가 되는 방식이다. 예를 들어 인공지능망은 규칙기반형 전문가시스템에서 규칙의 IF절에 대한 연결 및 어떤 규칙을 발화할 것인가를 선택하기 위하여 사용되는 것이다. 이야기식의 설명 전략은 인공지능망을 구성하고 학습을 통하여 문제를 해결하는 것이다. 이때 만일 문제해결에 대한 설명이 필요하면 인공지능망의 산출결과와 그 결과를 생성한 초기의 입력내용이 규칙기반 전문가시스템에 제공된다. 후방연쇄추론을 통하여 전문가시스템은 인공지능망의 산출결과를 정당화한다. 인공전문가(artificial expert) 전략은 문



<그림 2>전문가시스템과 인공지능망의 통합모형

제를 해결하기 위하여 인공지능망이 훈련되며, 이 훈련된 인공지능망을 분석하여 일련의 규칙을 추출하는 방식이다.

Zahedi[18]는 두 기술을 통합하는데 있어서 가능한 방법으로 다음과 같은 몇 가지를 제시하였다.

- i) 인공지능망을 이용한 지식의 추출 및 합성
- ii) 전문가시스템을 이용한 일차적 해의 생성 및 인공지능망을 이용한 그 작업의 개선
- iii) 전문가시스템을 이용한 인공지능망 학습의 모니터링 및 자동화
- iv) 인공지능망을 이용한 전문가시스템의 성과 저하에 대비한 과업 수행

Schrald는 전문가시스템과 인공지능망을 통합할 할 수 있는 방법으로 i) 전문가시스템을 이용하여 인공지능망의 입력자료를 사전처리하는 방안, ii) 전문가시스템을 이용하여 적절한 인공지능망 구조를 선정하는 방안 등 두 가지를 연구하였다[13].

이상의 다양한 전략들은 근본적으로 물리적 통합(physical integration) 전략들로써 이 전략들을 종합해볼 때 두 기술이 통합된 시스템을 <그림 2>와 같이 나타낼 수 있다. 두 기술이 느슨하게 결합된 약결합 시스템에서 전문가시스템과 인공지능망은 상호간에 직접적으로 연결되기 보다는 데이터베이스에 접속됨으로써 각 기술은 그 정보를 갱신할 수 있는 잠재력을 갖추게 된다. 따라서 두 기술은 데이터베이스의 사용을 통하여 간접적으로 연결된다. 한편 강결합 시스템에서는 전문가시스템과 인공지능망은 독립적으로 데이터베이스에 접속이 가능할 뿐만 아니라 직접적으로 자료를 공유할 수도 있다. 완전히 통합된 시스템에서 전문가시스템은 주어진 입력 자료들을 처리하기 위하여 적절한 인공지능망을 선정하는 기능을 수행하거나 인공지능망이 전문가시스템에서 발화될 적절한 규칙을 선정하는 기능을 수행할 수 있다.

전문가시스템과 인공지능망의 통합을 고려할 경우에 두 기술의 물리적 통합 뿐만 아니

라 기능적 통합(functional integration)도 포함되어야 한다. 기능적 통합은 각 기술이 수행할 수 있는 최상의 기능에 기초를 두어야 한다. 분할 정복 전략이 한 예이다. 인공신경망은 단순한 알고리즘에 따라 다량의 자료를 처리할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 한편 전문가시스템은 비연산적이며 다량의 자료를 처리할 수 없다. 따라서 기능적 통합은 두 기술이 각각의 강점을 활용할 수 있는 방법으로 결합되어야 할 것이다. 예컨대, 인공신경망은 모형화 기능을 수행하고 전문가시스템은 설명 기능을 수행할 수 있도록 통합시스템이 구성될 수도 있다.

V. 통합 사례

최근 들어 전문가시스템과 인공신경망이 통합된 일부 응용시스템들이 문헌상에 보고되고 있다. 본 절에서는 보고된 시스템 중에서 경영과 관련된 다음 몇 가지 사례를 살펴보기로 한다.

i) Resource Requirements Advisors

Hillman[7]은 전문가시스템 개발 도구인 AUBREY와 인공신경망 개발도구인 NeuroShell을 이용하여 데이터베이스 시스템 개발에 필요한 자원의 소요에 관하여 사용자에게 자문을 제공하는 원형시스템을 설계하였다. 이 시스템에서 인공신경망은 이전의 데이터베이스 구축 프로젝트를 완료하는데 소요된 시간과 노력에 관한 경험적인 자료를 분석한다. 이 시스템은 별도의 자료분석으로부터 추출된 새로운 규칙이나 정보를 입력할 필요없이 시스템에 정보를 공급하기 위하여 새로운 데이터 파일을 제공함으로써 신속성을 갖는다.

ii) Personnel Resource Requirements Advisors

Hanson[6] 등이 개발한 이 시스템은 NASA의 통신망이나 워크스테이션(workstation)을 유지하는데 필요한 인적 자원의 소요량을 예측하는 시스템이다. 규칙기반형 전문가시스템은 최종의 자원량의 예측치를 산출하고, 인공신경망은 요청된 서비스를 위한 프로젝트 완료 시간을 제공한다. 예측은 과거의 예와 현재의 서비스 요청 목록을 기초로 이루어진다. 인공신경망은 최근의 서비스 완료시간에 관한 자료를 이용하여 쉽게 재훈련된다.

iii) INSIDE(Inertial Navigation System Interactive Diagnostic Expert)

INSIDE는 싱가포르 항공사에서 항공장비의 핵심 부품을 진단하는데 있어서 정비사들을 지원하기 위하여 개발된 시스템이다. 이 시스템은 진단 시간을 줄이기 위하여 설계되었다.

진단 소프트웨어는 인공신경망인 Example 모듈과 전문가시스템인 Flowchart 모듈로 구성되어 있다. 이 중에서 Example 모듈은 과거의 진단 경험을 기초로 정비사의 지식을 획득한다. Flowchart 모듈은 고장의 발견 수리 흐름도를 충실하게 이행한다. 이 두 가지 모듈은 신속한 진단과 다양한 고장의 수리를 위하여 각자를 보완해 준다. 진단과정 중에 이 시스템은 관찰된 증상이 이전의 경우와 유사한지를 검토하기 위하여 Example 모듈을 가동

한다. 만일 유사하다면 이 시스템은 그 결과를 신속하게 보고하고 결함 부품을 정확히 지적한다. 반면에 유사하지 않다면 시스템은 Flowchart 모듈에 통제권을 이양하여 제조사의 흐름도에 제시된 바에 따라 정비사가 일련의 테스트를 수행하도록 재촉한다. 이 시스템의 독특한 특징은 Flowchart 모듈이 결점을 발견한 후에 그 결과를 Example 모듈이 학습해야 할 새로운 사례로 구성하는 점이다. 이러한 추가적 학습 능력을 통하여 Example 모듈의 지식 베이스는 시스템이 사용된 만큼 확장된다[15].

iv) Market Timing System

Fishman[4]은 전문가시스템과 인공지능망을 통합한 Market Timing System을 제시하였다. 이 시스템에서는 데이터베이스에 포함된 원시 자료가 인공지능망에 입력되면 인공지능망을 이용하여 어떤 지표의 부분집합이 결과의 산출에 가장 유의적으로 공헌하는지를 확인한다. 각 부분집합에 대하여 규칙이 생성된다. 또한 수작업으로 개발된 다른 규칙들이 포함된다. 이를 통하여 구축된 전문가시스템은 본질적으로는 인공지능망의 예측과 구별할 수 없는 예측결과를 제시한다. 전문가시스템 셸은 인공지능망과 연계하여 계속적이며, 반자동적으로 갱신된다.

v) Commercial Loan Advisor

일부 통합시스템은 전문가시스템을 이용하여 자료를 예비적으로 처리하고, 이 결과물을 평가하거나 군집화하는데 인공지능망을 이용한다. AI Ware사는 자사의 Loan Advisor 전문가시스템과 인공지능망을 통합한 Commercial Loan Advisor 시스템을 개발하였다. 전문가시스템은 '신용 보증서를 받았습니까?' '신청자의 자산은 부채를 상회합니까?' 등과 같은 간단한 예-아니오 테스트를 실행함으로써 자료를 추려 낸다. 그 다음 인공지능망이 다양한 요인을 평가한다. 시스템의 결과는 0(무위험)에서 1(최고 위험)까지의 숫자로 표시된다. 0.5 정도로 평가된 대출신청건은 대출 담당관이 대출여부를 결정하도록 한다. 이 시스템은 변수의 조정에 의한 what-if 분석 기법도 수행함으로써 대출을 승인하기 위해서는 자료가 어떻게 변경되어야 하는지를 사용자에게 알려주기도 한다[13].

VI. 통합상의 과제

정보기술의 통합문제를 다룰 경우에는 많은 요인들이 고려되어야 한다. Turban[15]은 통합시 고려해야 할 중요한 요인으로 통합구조, 정당성 및 비용-수익분석, 적절한 개발자 물색, 개발과정, 조직적 영향, 자료구조문제, 연결성 등을 들고 있다. 전문가시스템과 인공지능망 통합의 경우에도 마찬가지로 많은 요인들이 고려되어야 한다. 본 절에서는 시스템 설계 및 개발, 실행, 유지, 성과측정 등의 차원에서 두 기술의 통합에 있어서 해결해야 할 사항들중에서 중요하다고 생각되는 몇 가지 사항만 살펴보고자 한다.

i) 설계와 개발

전문가시스템이나 인공신경망 등 두 기술 모두 설계에 있어서 많은 문제들이 존재한다. 특히 전문가시스템은 지식을 표현하기 위하여 이용가능한 방법이 한정되어 있으며, 인공신경망의 경우는 그 구조와 관련하여 계층(layer)의 수, 연결의 형태 뿐만 아니라 학습 알고리즘, 학습 모수와 같은 사항들이 결정되어야 한다.

통합시스템의 개발에 있어서도 지식의 표현 방법, 추론 수행 방법, 표현 상태 등의 문제가 해결되어야 한다. 구성요소들간에 상호작용하는 방법도 다루어져야 한다. 예컨대, 자료 인터페이스를 통하여 상호 연결되도록 개별 소프트웨어 구성요소를 독립적으로 구축하는 것도 가능한 한 가지 방법이다. 강결합 형태의 경우에는 사실(fact), 프레임(frame), 객체(object)등과 같은 전문가시스템의 지식표현요소와 인공신경망의 노드와의 연결을 통하여 상호작용이 가능하다.

또다른 개발상의 과제로는 인공신경망의 학습시기와 방법, 전문가시스템의 불확실성 처리 메카니즘과 인공신경망의 결합, 설명장치의 역할과 형태 등을 결정하는 것이다.

ii) 실행

인공신경망과 전문가시스템은 많은 차이점을 가지고 있다. 한 가지 핵심적인 차이는 자료의 처리에 있어서 인공신경망은 병렬적이거나 전문가시스템은 순차적이라는 점이다. 신경망에서 병렬처리는 소프트웨어로서 구현되어 왔으나 최근에 병렬처리방식을 채용한 신경망 칩(chip)의 이용이 가능해졌다. 따라서 앞으로 전문가시스템 하드웨어내에 이러한 신경망 칩의 성공적인 통합은 중요한 고려사항이다.

인공신경망과 전문가시스템은 상이한 프로그래밍 언어를 사용하여 구축되고 있다. 전문가시스템은 LISP, PROLOG와 같은 인공지능언어뿐만 아니라 SMALLTALK와 같은 객체지향언어(object-oriented programming language)를 사용한다. 이와 같은 인공지능언어는 전문가시스템이 필요로 하는 기호형 프로그래밍을 위하여 설계되었다. 그러나 기존의 하드웨어, 소프트웨어와 인공지능언어간의 호환성과 같은 실무적 사항들에 대한 우려가 나오면서 일부 전문가시스템 셸이 C와 같은 전통적 언어로 작성되고 있다.

인공신경망의 구축에는 기본적으로 FORTRAN이나 C를 포함한 많은 전통적 프로그래밍 언어가 사용되고 있다. 그러므로 인공신경망 프로그램은 전통적인 언어를 사용하여 작성된 전문가시스템 셸과 통합이 가능하다. 그러나 기존의 전문가시스템 셸이 인공신경망과의 통합에 필요한 도구를 제공하지 않기 때문에 별도의 인터페이스 작성이 필요하다.

전문가시스템과 인공신경망이 통합된 제품의 구입은 약간의 작업을 요한다. 전문가시스템은 경영분야에서 널리 활용되고 있기 때문에 별로 문제가 되지 않으나 인공신경망은 아직 연구단계에 있으며 성공적인 실행에 대한 기록이 별로 없다. 따라서 실행 초기 단계에 발생할 것으로 예상되는 저항을 극복할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

장기적으로 통합시스템의 표준화도 고려해야 한다. 다양한 경영분야와 생산기능을 위하여 표준화된 도구의 개발이 필요하며 그 도구가 대량 보급될 수 있도록 하여야 한다. 또한 통합시스템은 개인용 컴퓨터에서도 작동가능해야 하며 하드웨어의 가격도 저렴해야 하고 메인프레임(mainframe) 접근가능성도 갖추어야 한다.

iii) 유지

통합시스템은 유연성이 있어야 하며 조직의 필요에 따라 수정가능하거나 확장성도 가져야 한다. 또한 사용자 친숙적이어야 하며 자연언어를 처리할 수 있어야 한다. 또다른 과제는 일관성 문제이다. 전문가시스템과 인공지능망에 의하여 제공된 결과간에 차이가 있거나 비밀관직일 가능성이 있는 통합된 시스템에서 전문가시스템과 인공지능망간에 조정할 수 있는 방법이 개발되어야 한다.

iv) 성과 측정

통합시스템을 평가하기 위한 성과 표준의 수립도 필요하다. 그러나 인공지능기술에 속하는 두 기술이 통합된 시스템의 지능을 측정할 수 있는 기준을 설정하는 것은 어려운 일이다. 통합시스템의 신뢰성을 측정하는 것도 어려운 일이다. 전문가시스템의 신뢰성을 테스트하는데 있어서 주안점은 인간전문가와 비교했을 때의 성과이다. 그러나 인공지능망의 신뢰성은 자료에 달려 있다.

또한 보다 실용적이고 중요한 문제는 통합시스템의 비용 대 수익을 분석하는 것이다. 컴퓨터 시스템을 좀더 지적으로 만드는 것은 가치있는 아이디어일 뿐만 아니라 많은 이점을 가진다. 그러나 비용을 지불해야만 한다. 특히 이 문제는 최근 들어 많은 사람들이 컴퓨터 시스템의 경제성 및 조직목표와의 부합성에 의문을 제기하고 있기 때문에 매우 중요한 사항이다.

VII. 결론

최근들어 기업들은 격심해지는 경쟁환경하에서 경영문제의 해결에 활용할 수 있는 첨단 정보기술에 관심을 기울이고 있다. 이러한 상황에서 전문가시스템과 인공지능망의 물리적, 기능적 통합은 좋은 대안이 될 수 있다. 만약 전문가시스템의 설명능력이 다량의 불완전한 퍼지(fuzzy)자료를 처리하는 인공지능망의 능력과 통합된다면 시너지 효과를 거둘 수 있기 때문이다.

그러나 두 기술의 통합에는 그 효과가 크다고는 하지만 기술, 개발, 행위 측면 등에서 많은 어려움과 과제가 따른다. 따라서 앞으로 두 기술의 통합을 통하여 다양한 경영문제를 해결하려는 시도와 더불어 통합시스템의 구축과 관련된 문제들에 대한 심도있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 한재민, 경영정보시스템, 학현사, 1995, pp. 263-293.
- [2] Caudill, M., Expert Networks, Byte 16, Oct. 1991.
- [3] Firebaugh, M. W., Artificial Intelligence : Knowledge-based Approach, Boyd &

Fraser Publishing Co., 1988.

- [4] Fishman, M. B., Hybrid System for Market Timing Employing Specialized Network Software and a Novel Strategy for Dynamic Conflict Resolution, Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks, ed. by C. H. Dagli, S.R.T. Kumara, and Yung C. Shin, ASME, 1991.
- [5] Giarratano, J., and R. Riley, Expert Systems: Principles and Programming, PWS-Kent Publishing Co., 1989, p. 31.
- [6] Hanson, M. A., and R. L. Bekke, Workload Management Expert System Combining Neural Networks and Rule-based Programming in an Operational Application, Special Report, published by the Instrument Society of America, 1988, pp. 1721-1726.
- [7] Hillman, D. V., Integrating Neural Nets and Expert Systems, AI Expert, Jun. 1990, pp. 54-59.
- [8] Hutchison, W., and R. Kenneth, Integration of Distributed and Symbolic Knowledge Representation, Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks II, Jun. 1987, pp. 395-398.
- [9] Kohonen, T., An Introduction to Neural Computing, Neural Networks, Vol. 1, No. 1, 1988, pp. 3-16.
- [10] Luconi, F. L., T. W. Malone, and M. S. S. Morton, Expert Systems : The Next Challenge for Managers, Sloan Management Review, Sum. 1986.
- [11] Medsker, L. R., and D. L. Bailey, Models and Guidelines for Integrating Expert Systems and Neural Networks, Hybrid Architectures for Intelligent Systems, ed. by A. Kandel and G. Langholz, CRC Press, 1992.
- [12] Negoita, C., Expert Systems and Fuzzy Systems, Benjamin Cummings, 1985.
- [13] Osyk, B. A., and B. S. Vijayaraman, Integrating Expert Systems and Neural Nets, Information Systems Management, Vol. 12, No. 2, 1995, pp. 47-54.
- [14] Trippi, R., and E. Turban, The Impact of Parallel and Neural Computing on Managerial Decision Making, Journal of Management Information Systems, Vol. 6, No. 3, 1989, pp. 65-84.
- [15] Turban, E., Decision Support Systems and Expert Systems, 4th ed., Prentice-Hall, Inc., 1995.
- [16] Waterman D. A., A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley, 1986.
- [17] Yoon, Y., T. Guimaraes, and G. Swales, Integrating Artificial Neural Networks with Rule-Based Expert Systems, Decision Support Systems, Vol. 11, No. 5, 1994, pp.497-507.
- [18] Zahedi, F., Intelligent Systems for Business: Expert Systems with Neural Networks, Wadworth Publishing Co., 1993.