

뇌정보처리를 모방한 기계지능의 구현

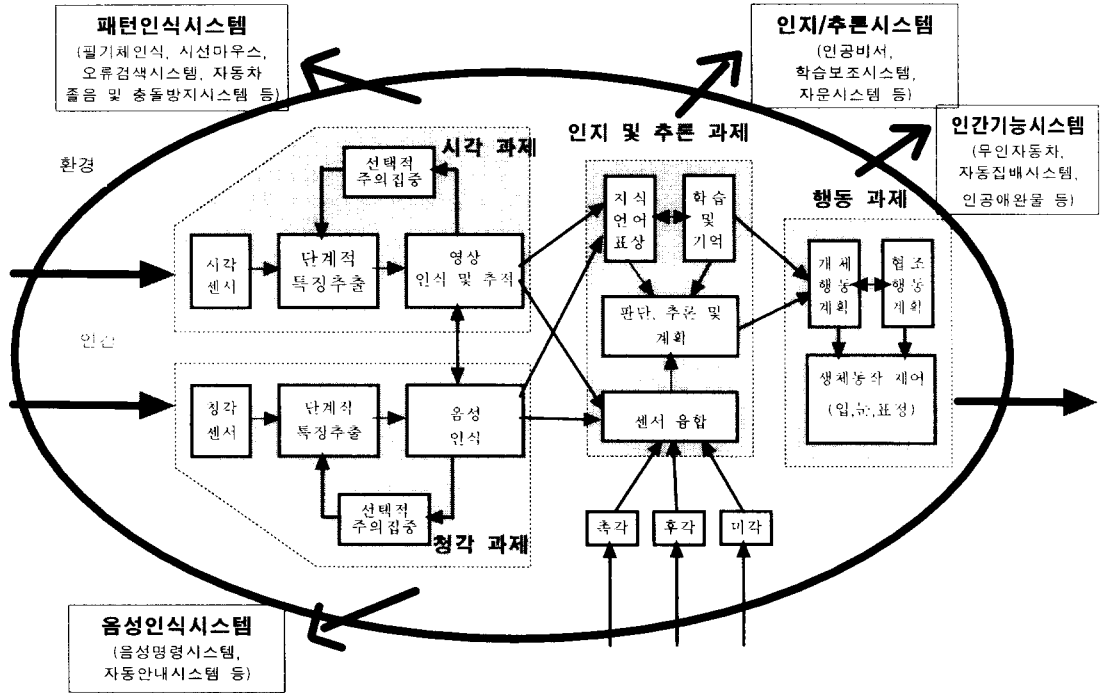
한국과학기술원
뇌과학연구소
전자전산학과
이수영

1. 뇌정보처리와 인류복지

과학기술의 발전은 인류의 복지 증진에 기여하여 왔다. 특히 1733년 영국의 케이(Kay)가 방직기를 발명함으로써 시작된 산업혁명은 인류의 생활 방식을 크게 바꾸어 놓았다. 산업혁명은 인간의 물리적(物理的) 능력을 뛰어넘는 기계에 의해 힘든 일을 보다 빨리 수행할 수 있으므로 해서 가능했으나, 20세기 후반의 컴퓨터혁명은 인간의 고속정밀 계산 및 저장 능력의 극복에 기반을 두고 있다. 현재 진행되고 있는 '제3의 혁명'은 인간의 지적(知的) 능력을 대신하는 기계에 의한 인간의 자유를 목표로 하고 있다. 예를 들면, 음성인식, 영상인식, 추론, 적응제어 등 인간만이 해온 일의 일부를 기계에게 맡기고 인간은 보다 창조적인 일에 몰두할 수 있게 하자는 것이다. 21세기 초에는 '인간기능시스템'이 인공 시각, 청각 및 촉각 장치 등으로 부터 들어오는 정보를 처리하여 판단 및 추론을 하고, 걷고, 말하고, 복잡한 작업을 수행하게 될 것이다. 이 예로, 일본은 1992년부터 10년간 수행하는 신정보처리기술(영문별: Real World Computing) 과제의 주요 목표로 "인공 가정교사"와 "설거지 로봇"을 제시하였다. 인공 비서, 교환원, 가정교사, 운전사, 가정부, 간병인 등 인간기능시스템의 지원을 받으며 행복하게 사는 인류! 이것이 공학도가 보는 21세기의 미래상이다.

컴퓨터 또는 기계에 지능을 부여하는 방법은 크게 2종류로 나눌 수 있다. 즉, 인간의 생물학적 두뇌작용을 모방함으로써 적응 학습을 통하여 스스로 지능을 축적해가는 신경회로망(神經回路網) 기법과, 지능을 법칙으로 표현하여 논리구조로 프로그래밍하는 인공지능(人工知能) 기법이다. 언어를 배우는 과정을 예로 들면, 인공지능 기법이 문법이라는 법칙에 의해 배우게 되는 것에 비해, 신경회로망 기법은 반복해서 문장을 듣고 보게함으로써 언어를 배우게 한다. 한 예로 NETtalk이라는 신경회로망은 어린이가 말을 배우는 것과 유사한 과정 (용얼용얼하는 발음에서부터 점차 명확한 발음으로 학습)을 거쳐 책을 읽도록 학습되었다. 신경회로망이 비교적 단순한 학습 법칙을 정의함으로써 주위 환경으로 부터 스스로 지식을 축적함에 비해, 인공지능은 구현하고자 하는 지능에 따라 구체적인 법칙을 추출해내야 하는 어려움이 있다. 복잡한 시스템의 경우 그 법칙을 추출해내는 것이 매우 어려워, 뇌정보처리 메카니즘의 모방을 통한 신경회로망이 보다 타당한 접근방법이다. 신경회로망은 또한 단순한 소자의 대단위 병렬성을 특징으로 하므로, 효율적인 전용 하드웨어 구현이 용이한 장점이 있다.[1] 특히, 최첨단의 반도체 제조공정 기술이 있으나 복잡한 기능의 회로설계 기술이 취약한 한국의 산업에 매우 적합한 특성을 갖고 있다.

다음 절부터는 인간 두뇌의 주요 기능과 이의 연구를 통한 주요 응용분야에 대해 보다 자세히 설명하기로 한다. 인간은 5각으로부터 정보를 받아 스스로 생각하고 행동하는 기능을 가지고 있으므로, 이들의 기능을 이해하고, 모델화하며, 구현하고 응용하는 것이 주요 연구 목표이다. 인간의 5각중 정보량이 많은 시각과 청각을 주 정보입력원으로 하고, 이를 이용한 인지 및 추론 기능, 그리고 주위에 반응하는 팔다리 입 등 출력부의 적응제어가 주요 기능이다.[2] 즉, 시각, 추론, 추론 및 행동은 인간의 4대 두뇌 기능으로, 공자님의 "예의가 아니면 보지 말고, 듣지 말고, 말하지 말고, 행동하지 말라"는 말씀과 일대일로 부합한다. 물론, 여기에서 "말"은 단순한 음파가 아니라 인간이 생각한 결과로 나타나는 현상으로, "추론" 또는 "인지"가 보다 더 적합한 뇌기능이다.

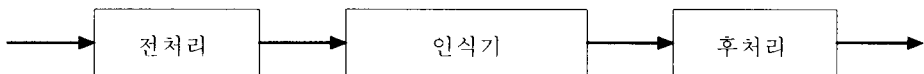


<그림1> 인간 두뇌의 4대 기능 및 주요 응용 시스템

또한, 기술과급을 통한 응용 분야로서 음성인식시스템, 인공시각시스템, 인공 운전사, 인공 가정부, 인공 가정교사, 지능형 통신시스템, 의료시스템, 경제예측 등이 간단히 검토된다. 특히, 뇌정보처리 메카니즘의 모델과 하드웨어 구현기술이 응용 분야별 전문지식과 융화되는 시스템적 접근방법을 설명하기로 한다.

2. 패턴인식 및 인공시각

시각은 인간이 가장 많은 정보를 얻는 부분으로, 정지영상 및 비디오로부터 특정한 패턴을 추출하여 인식하고, 필요한 경우 패턴추적까지 수행하게 된다. 기존의 패턴인식 시스템은 패턴의 크기, 방향, 위치, 조명 등에 민감하여 실세계 응용이 제한되고 있으나 인간은 이를 매우 잘 하므로, 뇌정보처리 메카니즘을 이용한 신경회로망의 주요 연구 분야가 된다. 특히, 비디오의 경우 초당 8 MByte 이상의 정보가 들어오고, 다양한 신호처리가 실시간으로 수행되어야 하기 때문에 효율적인 시스템이 요구된다.



<그림2> 패턴인식 시스템의 구성도

<그림2>는 일반적인 패턴인식 시스템을 보인 것이다. 전처리부는 배경 영상으로부터 패턴의 영역을 분리하고, 인식에 필요한 정보는 유지하면서도 정보량을 줄이는 특징추출이 이루어진다. 후처리부는 인식된 결과에 관심문제에 대한 선택적 주의집중을 하고, 비디오에서 패턴추적을 하는 등 필요한 후속처리를 하게 된다. 기존 패턴인식 시스템의 경우, 이들이 각각 별도로 관련 분

야의 지식을 이용하여 구성하게 되므로 실세계 응용에서 제한된 성능을 보이게 된다. 인간의 경우, 망막에서 수신된 영상이 초기시각계에서부터 국부특징이 추출되어 뇌에서 점차적으로 인식기로 결합되게 된다. 즉, 전처리부, 인식기부 및 후처리부가 모두 신경회로망으로 구성되게 된다. [3,4] 또한, 시스템 변수 만이 아니라 시스템 구조까지도 학습에 의해 적응되게 된다. 퇴근에는 색상의 영향, 두눈에 의한 입체감, 움직이는 눈에 의한 영향 등이 연구되고 있다.

특히, 입력 패턴의 위치, 크기, 회전에 대한 불변특성과 잡음에 대한 둔감성이 요구되며, 인간 초기시각계의 국부특징추출 기능을 모델화하는 시각모델이 중요하다. 또한, 학습에 사용되지 않은 패턴에 대해서는 일반화시키는 능력이 중요하며, 이를 위한 신경회로망 모델 및 학습법칙이 연구된다.[5] 실시간 인식에 필요하는 방대한 계산량에 대처하기 위한 전용 하드웨어 칩의 구현도 연구된다. 인쇄체 문자인식은 이미 널리 상용화되었으며, 필기체 인식도 PDA 등 특수기기에서 시도되고 있다. 복잡한 배경하에서 작은 목표물을 인식하고 추적하는 연구는 아직 실험실 수준에 머물고 있다.

3. 음성인식 및 인공청각

인간에게 있어서 청각은 시각에 이은 제2의 정보원으로 초당 20 KB 이상의 정보량을 가지고 있다. 음성은 기계와 인간 인터페이스의 제일 자연스런 방식으로, 음성인식은 키보드나 마우스에 의한 정보입력의 비효율성을 극복할 수 있는 좋은 대안이다.

음성인식 시스템은 <그림2>와 같은 구조를 갖는다.[6] 전처리부에서는 귀 속의 달팽이관에서의 특징추출을 모델화한 청각모델을 통해 잡음에 둔감한 특징추출이 이루어지고 있다.[7] 달팽이관의 진행방향에 따라 기저막(basilar membrane)을 통해 특정 주파수 성분의 신호가 전달되고, 이는 다시 내부섬모세포(inner hair cell)을 통해 청신경계로 전달된다. 즉, 기저막은 특정한 주파수 성분을 찾는 대역통과필터(bandpass filter)의 역할을 수행하고, 약 2000~3000개로 알려진 내부섬모세포는 각각 이 신호를 받아 영교차(zero-crossing) 등 음성신호의 특징을 추출한다. 외부섬모세포(outer hair cell)은 궤환(feedback)에 의해 대역통과필터의 특성, 특히 통과대역의 폭과 통과율을 조정하는 것으로 알려져 있다.

음성은 사람에 따라, 같은 사람이라도 상황에 따라 많은 변화를 갖는 특성을 갖고 있으므로, 일반화 특성이 특히 강조된다. 후처리부에서는 문법과 사용 영역 등의 지식이 도입된다. 조용한 환경에서의 고립 단어 음성인식은 상용화 수준까지 갔으며, 제한된 문체영역에서의 연속음성 인식은 상용화를 위한 준비실험 단계에 있으나, 실세계 잡음하 또는 무제한 연속음성 인식은 아직 실험실을 떠나지 못하고 있다. 뇌정보처리 메카니즘에 기반한 청각모델을 통한 특징추출, 일반화 성능이 뛰어난 신경회로망 모델, 선택적 주의집중 모델, 다중채널을 이용한 잡음의 제거기술 등이 음성인식의 실용화의 길을 열 것으로 믿어진다.

4. 인지 및 추론

시각각 시스템으로부터 들어오는 정보는 뇌에서 최종 신호처리 되는데, 주로 인지, 판단과 추론 기능으로 볼 수 있다. 또한, 학습 및 기억, 정보의 표상 등이 포함된다. 이는 현재 많이 사용되는 다층구조인식자(multilayer Perceptron)이나 RBF(Radial Basis Function) 등의 인공 신경회로망 모델이 잘하는 기능이다.[8] 추론은 학습된 정보로부터 새로운 정보를 예측하는 기능으로 볼 수 있으며, 신경회로망의 일반화 기능이 이에 해당한다.

현재까지의 기능은 주로 학습된 자료의 판단과 보간 수준을 크게 벗어나지 못하고 있다. 그러나, 인지과학의 발전과 더불어 사람의 사고, 감정, 창의성 등의 메카니즘이 밝혀지면, 인간과 유사한 기능을 구현하는 인공두뇌의 핵심기능이 구현될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 적응제어

판단과 추론을 거친 뇌는 팔다리와 입을 움직이는 제어기능을 수행한다. 제어 대상인 신체는 성장에 따라 시스템 특성이 바뀌므로, 시스템에 대한 특성을 모르면서도 학습에 의해 제어가 이루어져야 한다.[9] 따라서, 신경회로망 제어시스템은 신경회로망의 시스템 모사(identification) 기능을 직간접으로 포함하게 된다.

제어대상인 시스템의 특성은 일반적으로 미적분 방정식으로 주어지므로, 사용되는 신경회로망 모델도 회기(recurrent) 구조를 갖는 경우가 많다. 회기구조 신경회로망에도 최대경사법에 의한 학습이 가능하나, 일반적으로 학습시간이 오래 걸리는 것으로 알려져 있다. 순방향(feed-forward) 구조로 근사화하여 학습시키기도 한다.

신경회로망 제어시스템은 일부 공정제어에 실용화되고 있다. 그러나, 대규모 공정의 제어는 신뢰도 문제가 가로막고 있으며, 비교적 단순한 산업용 로봇의 제어에는 기존의 제어이론이 사용되고 있다. 인간의 신체와 같은 복잡한 로봇의 제어 등에서는 신경회로망의 매우 유리할 것으로 기대된다.

6. 기타 응용분야

정보통신은 현대의 매우 주요한 기간산업으로 막대한 시설투자가 요구되며, 시설의 효율성을 향상시킬 수 있는 지능화에 신경회로망이 이용될 수 있다. 아직 실험실 수준에 머물고 있으나, 영상압축 및 복원, 오차보정 코딩, 잡음제거 등의 신호처리 분야와 ATM의 제어, 인공위성 통신의 제어 및 고장진단 등에 응용이 연구되고 있다.

의료분야에서는 환자의 상태를 측정하여 병의 유무 및 종류를 판단하는 진단보조 시스템이 시도되며, 심전도, 뇌파, 근전위 등의 시간함수 신호와, X-선이나 자기공명단층촬영 등의 영상신호에 대한 신경회로망의 인식기능을 이용한다. 다만, 의료용 자료의 크기가 적고, 일부 항목자료가 없을 수 있기 때문에, 이에 대한 특별한 고려가 요구된다.[10]

신경회로망의 비선형 시스템 근사화 기능을 이용하는 것으로 주가, 이자율, 환율 등 경제자료와 기상자료의 예측을 들 수 있다. 사용되는 신경회로망은 제어분야에서 사용되는 것과 유사하며, 미국이나 일본에서는 널리 실용화되고 있는 것으로 알려져 있다.

7. 인공두뇌를 위하여!

공학에서 뇌연구의 최종 목표는 인간의 두뇌기능을 수행하는 “인공 두뇌”를 개발하는 것이다. 물론, 인간과 같은 수준의 인공두뇌를 개발하는 것은 불가능할 것이나, 인간 수준에 훨씬 못 미치는 기능도 제한된 활동영역에서는 인간을 크게 도울 수 있다. 물론, 인간 수준에 가까울수록 효과는 더욱 크다. 인공두뇌는 시청각에 해당하는 인공시각 패턴인식과 음성인식 기능과 추론, 제어 기능이 핵심을 이룬다. 즉, 인공두뇌는 신경회로망 연구를 종합한 종착점이 된다. 음성합성 기능도 포함되나 이미 잘 개발된 기술이므로 별도의 연구가 필요하지는 않다.

인공두뇌의 개발을 위해서는 각 응용 부분의 융합과 동시에 효율적인 하드웨어 구현이 요구된다. 인간의 두뇌에는 100억개 이상의 신경세포가 있고, 각 신경세포는 천개에서 만개 정도의 다른 신경세포와 직접 연결되어, 총 신경연결 시냅스의 수는 약 100조개로 예상된다. 이들 시냅스가 0.01초에 한 번씩 곱셈을 하여 인간의 두뇌는 초당 약 1경번의 곱셈을 하는 것에 해당된다. 기존의 컴퓨터가 초당 억단위의 곱셈을 하며, 대규모 병렬 컴퓨터 연구가 1조(Tera)번의 곱셈을 목표로 하고 있는 것을 고려하면, 인공두뇌의 구현을 위한 전용 칩의 필요성이 명확해진다.

기계에게 지능을! 인간에게 자유를!

참고 문헌

- [1] J.W. Cho, Y.K. Choi, and S.Y. Lee, *Neural Processing Letters*, 1996.
- [2] "신경회로망 컴퓨터: 이론, 응용 및 구현", 한국과학기술원 산학협동공개강좌 교재, 1988, 1990, 1991, 1992.
- [3] R.P. Lippman, "An introduction to computing with neural nets," *IEEE ASSP Magazine*, pp. 4-22, 1987.
- [4] K. Fukushima and N. Wake, "Handwritten alphanumeric character recognition by the Neocognitron," *IEEE Trans. Neural Networks*, pp. 355-365, 1991.
- [5] D.G. Jeong and S.Y. Lee, "Merging backpropagation and Hebbian learning rules for robust classification," *Neural Networks*, pp. 1213-1222, 1996.
- [6] "Neural networks for speech recognition," *IEEE*
- [7] D.S. Kim, S.Y. Lee, and R. M. Kil, "Feature extraction method based on auditory model," *Electronics Letters*, Jan. 1997.
- [8] K. Hornik, "Approximation capabilities of multilayer feed-forward networks," *Neural Networks*, pp. 251-257, 1991.
- [9] K.S. Narendra and K. Parthasarathy, "Identification and control of dynamic systems using neural networks," *IEEE Trans. Neural Networks*, pp.4, 1990,