

인간과 로봇간의 새로운 사회질서

• 이 경 전 | 서울대학교 행정대학원, 교수/e-mail : leekj007@snu.ac.kr

인간-지능인공물 복합 시스템, 인간의 가장 큰 사회적 가치인 '인간-지능인공물'의 '인공' 본질에 의해
개척되어 인공지능에 의해 인간이 '생물학적'인공물인 '인공'으로 증식시킬 수 있으며, 매우 강력한 전
사할 것이라는 것이다.

미래의 세계는 다음과 같은 크
게 네 가지 종류의 지능적인
인공물들이 세상의 많은 부분들
을 차지할 것이라고 예상할 수 있
다.

기계적 지능인공물(mecha- nical artelect)

미래 사회에서 기계들은 상당
한 지능을 갖추게 되어 인간과 상
호작용하게 될 것이다. 이미,
Sony의 강아지 로봇인 Aibo는
초보적 수준의 지능이 있는 기계
적 인공물이며, 이미 아기들과 상
호작용하고 있다.

생물적 지능인공물(biolo- gical artelect)

생명공학의 발전으로 복제 인
간, 다부모 합성인간, 인공적 유
전자 조합에 의한 인공인간과 동
물 등이 태어날 가능성이 있으며,
이들은 자연적으로 태어난 인간

과 상호작용하게 될 것이다. 인간
복제는 당분간 일어나지 않더라
도 인간과 상호작용하기 좋게 유
전공학적으로 설계, 개량된 원숭
이들이 인간과 살게 될 날이 그리
멀지 않을 수 있다.

계산적 지능인공물(compu- tational artelect)

인터넷과 같은 사이버 네트워크
에는 현재의 지능형 에이전트의
수준을 넘어 스스로 복제, 재생산
하는 인공 생명 프로그램들이 많
아질 것이고, 이들은 인간 대신
일을 수행하는 지능형 에이전트,
그리고 네트워크에 접속해 있는
인간들과 상호작용하게 될 것이
다. 이미 컴퓨터바이러스는 저수
준의 지능이 있으면서 스스로 복
제하는 계산적 인공물이며, 인간
생활에 큰 영향을 미치고 있다.

복합 지능인공물(hybrid

artelect)

앞에서 설명한 세 가지의 인공
물의 특성이 결합되어 어느 한쪽
에 속한다고 정의하기 어려운 복
합적 인공물이 나타날 가능성이
있으며, 이들 역시 인간과 상호작
용하며, 일종의 경제체제를 구성
하게 될 것이다.

이렇게 지능인공물이 많아져서
사회와 경제의 중요 부분을 차지
하게 되는 상황을 인간-지능인공
물 복합 시스템(human-artelect
hybrid system)이라고 정의할 수
있다.

선 마이크로시스템즈의 공동창
립자이자 수석과학자인 Bill Joy
는 'Wired'지의 2000년 4월호
에 기고한 글에서 현재의 기술발
전이 지속되면 결국 인류 자신이
기술문명에 의해 멸망당할 것이
라고 전망하면서 유전공학,
Nanotechnology, 로봇틱스 세
분야의 기술을 이러한 결과를 초

래할 주된 기술로 소개하였다.

이 주장에 대한 찬반양론의 의견들은 인터넷 상에 많이 소개되고 있고, 특히 이 문제와 관련하여 Douglas Hofstadter(명저 '괴델, 에셔, 바하'의 저자), Hans Moravec, John Holland(유전자 알고리즘 권위자), John Koza(진화 프로그래밍 권위자) 등이 2000년 4월 스탠포드 대학에서 'Spiritual Robots' 라는 제목으로 열린 토의를 벌이기도 하였다.

과연 지능인공물이 많아질 때 인류는 이에 어떻게 대처해야 할 것인가?

지능인공물과 일반 인간간의 경제적, 사회적 관계와 행동 양상은 어떻게 나타날 것인가?

예상되는 문제점은 어떠한 이론적 모형하에 발견될 수 있으며, 예상되는 문제점을 해결하기 위해서는 어떠한 공학적, 사회적 노력을 해야 하는가?

이러한 문제를 반영한 지능형 시스템을 개발하기 위한 설계원리는 무엇인가?

결국 인간에 필적하는 지능형 인공물을 개발하려는 연구를 인위적으로 막을 수는 없을 것이다. 그러나 그러한 상황이 오더라도 그러한 세상은 인류를 위해 봉사하여야 한다는 점은 분명하다. 그러므로 이렇게 지능형 인공물이 양적으로 많아지고 질적으로 그 수준이 높아지는 상황에서 이러한 인공물들이 인간과 적절히 상호작용 하여 조화로운 세계를 구성할 수 있도록 시스템을 어떻게 설계할 것인가라는 문제는 매우 중요한 문제이다. 여기서 시스템

은 인간 개체와 인공물 개체가 구성하는 사회적, 경제적 복합시스템만을 의미하지 않고, 인간적 속성과 인공적 속성이 결합된 확장된 인간으로서의 복합 시스템도 의미한다.

이러한 문제의식은 일견 경제학, 사회학, 과학철학 등의 인문 사회과학적 이슈인 것으로 보일 수 있으나, 실제로는 공학적, 과학기술적 이슈가 주가 된다. 왜냐하면 진정으로 인간에 필적할 정도의 지능형 시스템은 아직 존재하지 않으므로, 인간-지능인공물 복합시스템 연구의 결과는 이러한 지능형 시스템을 개발하는 과학기술 원리로 사용될 것이기 때문이다.

또한, 기존의 인공지능 연구는 어떻게 지능적인 시스템을 만들 어낼 것인가가 주된 이슈였고, 인간과 이 지능적인 시스템이 복합 시스템을 구성하는 상황을 전제로 한 연구는 많지 않았다. 즉, 인간과 지능인공물의 조화 또는 경쟁 상황을 가정한 연구가 뒷받침되어야만 진정으로 지능적인 시스템도 개발될 수 있는 것이다.

인간-지능인공물 복합시스템 연구는 이러한 시스템에서 나타날 수 있는 개체간 상호작용과 갈등, 협조, 경쟁 행태를 도출하며, 이를 반영한 인간-지능인공물 복합 시스템의 설계 및 구현 방법론

을 체계화하고, 나아가서 이렇게 구현될 인간-지능인공물 복합 시스템의 지배 구조, 관리 기법, 통제 수단 등을 개발하는 것을 목표로 한다.

여기서 제기하는 기본적인 문제 의식은 STARLAB의 Hugo de Garis가 1989년에 이미 제기하였다. Garis는 Cellular Automata 기반의 신경회로망을 연구하는 인공지능 학자로서 가까운 미래에 인간보다 뛰어난 지적 능력을 가진 지능인공물이 나타나서 인류가 일종의 전쟁을 겪을 수 있음을 경고하고 있으며, Artilect War라는 저서를 출간준비 중이다. Carnegie Mellon 대학의 Hans Moravec 박사도 최근의 저서에서 미래에는 인간보다 로봇이 지구상에 더 많이 존재하게 될 것으로 예측하고 있다. 영국 Reading 대의 저명한 로봇틱스 학자인 Kevin Warwick 교수도 저서에서 미래에는 인간이 로봇의 노예가 될 것이라고 예측하고 있다.

이러한 예측이 인공지능 연구의 첨단 연구를 계속적으로 수행하고 있는 학자들에 의해서 나오고 있다는 점에서 충격적이지 않을 수 없으나, 아쉬운 점은 이들도 문제제기에 그치고 이에 대한 경제학적, 사회학적, 공학적 이슈를 체계화하거나 이를 그들의 연

구에 적극적으로 반영하고 있지는 않은 상태이다. 한편, 앞서 소개한 인공지능학자들의 문제의식에 대응하여 철학적, 윤리학적으로 접근한 연구들이 있으나, 이들 역시 철학적 윤리학에 제한된 문제인식 수준을 보이고 있을 뿐 경제·사회학적이거나 공학적인 접근은 못하고 있는 상황으로 판단된다.

계산적 지능인공물의 분야에서는 문제제기의 수준을 넘어서 지능인공물의 행태를 경제학적으로 분석하는 연구가 진행되고 있다. 대표적인 것은 IBM Watson 연구소와 브라운 대 전산과가 공동으로 수행하고 있는 information economy 프로젝트로서 이들의 연구결과는 인공지능, 경영정보학, 경영학 등에 영향을 미치고 있다. 한편 Stanford 대 전산과의 Shoham과 이스라엘의 테크니온 공대의 Tennenholtz는 인공사회 시스템(artificial social system)이라는 주제하에 주로 지능인공물간의 상호작용 규칙을 연구 개발하고 있는데, 특히 이 그룹은 이동 로봇을 주요한 응용분야로 삼는다는 측면에서, 앞서 분류의 기계적 지능인공물의 행태 분석과 이를 어떻게 이동 로봇 설계에 반영할 것인가 하는 문제를 다루는 것으로 분류할 수 있다.

미국 뉴저지에 소재한 NEC 연구소의 Eric Baum도 인공경제(artificial economy)라는 용어를 사용하면서, 향후 20년에 컴퓨터가 현재보다 100만 배 이상 발전할 것을 전제로 이에 따른 지능인공물의 학습기법과 이들이 이루

는 인공적인 경제체제에 관해서 연구하고 있다. 앞서 설명한 세 그룹의 연구를 비판적 관점에서 본다면, 이들의 연구는 주로 지능인공물간의 행태 분석 연구에만 그쳐 있고, 지능인공물이 인간과 어떻게 상호작용할지 또는 인간과 지능인공물이 상호 영향을 어떻게 주고받게 될 것인지, 그리고 이러한 상호작용을 고려한 지능시스템의 설계와 구조 등에 대해서는 아직 연구 의제가 설정되어 있지 않은 상태인 것으로 판단된다. 물론 인간과 지능인공물간의 상호작용을 연구하는 그룹도 없는 것은 아니나, 이는 인간 수준의 지능을 갖춘 인공물을 상정하는 것이 아니라 현재 수준의 저지능 인공물과 인간의 인터페이스 설계 수준에 머물고 있다.

지능적인 개체간의 상호작용 분석을 강조하는 연구 형태는 앞서 설명한 IBM 왓슨 연구소, 브라운 대, 스탠포드 대, 이스라엘-테크니온 공대, NEC 연구소 등의 선도 연구그룹에서 나타나고 있는 것이며, 현 인공지능 연구의 새로운 추세라고까지 말할 수 있다. 앞으로는 이들 선도 연구 그룹이 지능형 인공물간의 상호작용에만 치중하고 있다는 점을 비판적으로 계승하여 지능인공물과 인간이 형성하는 복합시스템을 정의하고 이를 분석함으로써 인공지능의 빠른 구현과 올바른 구현이라는 두 가지 목적에 기여하여야 할 것이다. 이미 인터넷 컴퓨터와 인터넷 기반의 주식투자와 같은 전자상거래 환경에서는 인간과 지능형 에이전트가 서로 경

쟁 또는 협동하고 있다.

인간-지능인공물 복합 시스템 연구는 다음과 같은 전제 또는 원칙하에서 전개된다고 할 수 있다.

가설 1

인간수준의 지능을 갖춘 인공물과 인간의 상호작용에 관한 지식을 반영함으로써 인공지능의 폐해를 사전에 방지하고 동시에 인공지능시스템의 구현을 앞당길 수 있으며, 이러한 지식은 사전에 도출될 수 있다.

가설 2

인간과 인간 수준의 지능인공물의 유기적인 결합은 새로운 형태를 보이는 제3의 지능적인 복합 시스템을 생성하며, 이의 설계 원리를 구현함으로써 인류는 지능인공물을 통제하는 방법을 가지게 될 것인데, 이러한 설계원리는 도출될 수 있다.

가설 3

인간 수준의 지능인공물은 인간의 능력을 확장시키는 형태로 설계되어야 하며, 이로써 지능인공물에 의한 기배를 사전에 예방할 수 있는데 이러한 설계 원리는 도출될 수 있다.

가설 4

인간 노력의 산물인 지능인공물은 사회적 존재가치를 가질 것이며, 인간 사회는 이를 파괴하는 것보다는 공존하는 것이 더 이익이 되는 경제 체제를 형성하게 될 것인데 이것을 가능하게 하는 경제 원리는 도출될 수 있다.

가설 5

지능인공물은 그 지능인공물이 가지게 될 지능 수준과 이에 따른 인간과의 상호작용 양상을 반영하여 개발되어야 하며, 결국 이러한 피드백 과정이 인공지능의 발전을 촉진시킬 것이다.

인간-지능인공물 복합 시스템 연구는 21세기의 인공지능의 핵심적 과제 중의 하나가 될 것이라고 예상되지만, 하나의 인공지능 기법만을 가지고 수행하기 어려운 다학문적 성격을 가진 과제이다.

인간에 비해서 지능인공물의 지능 수준이 매우 미약할 때는 인간과 지능인공물로 구성된 복합 시스템에 대한 관심이 클 수가 없고, 단지 인간의 도구로서의 지능

인공물이라는 인식이 지배적일 수밖에 없으나, 지능인공물의 지능이 인간에 필적하게 될 경우는 그 지능인공물을 분석하는 방법론과 설계하는 원리가 불연속적으로 달라질 수밖에 없을 것이라고 판단된다.

인간-지능인공물 복합 시스템 연구에서 도출될 지능인공물의 설계 원리와 각 단계에서의 실제 시스템 구현의 결과와 경험, 그리고 인간과 결합된 새로운 복합 시

스템의 행태 분석에 관한 지식은 인공지능의 새로운 연구분야를 개척하는 의미를 가지게 될 것이다.

물론 인간-지능인공물 복합 시스템 연구의 가장 큰 사회 경제적 가치는 인류가 지능인공물의 비약적 발전에 어떻게 대처하여 인공지능에 의해 인류가 멸망하지 않고 인류의 복지를 증진시킬 수 있는가에 대한 방법론을 제시할 것이라는 점이다.

기계지능이 개척

□ 선형(linear) 선형

레이저 스캐너를 이용하면 점 데이터가 라인 형식으로 측정되기 때문에 단면 곡선을 이용해서 곡면을 생성하기에 용이하다. 그러나 복합 곡면으로 이뤄진 측정물에 대한 측정점을 하나의 곡면으로 표현하는 것은 모델링 오차, 다수의 조정점 발생과 같은 문제점을 가진다. 따라서 자연스러운 곡면 생성이 가능하고 컴퓨터에서 연산하기에 적절한 조정점을 갖도록 여러 개의 영역 안에 측정점을 나누는 것이 필요한데 이것을 측정점의 분할이라고 한다.

□ 인공신경망(artificial neural network)

인공신경망

현재 가장 많이 사용되고 있는 신경망 학습

모델 중 하나로서 Rumelhart 등에 의해 제시되었다. 입력층, 은닉층 및 출력층으로 구성되어 있으며, 각 층의 유닛들은 연결강도(weight)로 연결되어 있다. 입력값을 신경망에 제시하면 전방향(forward direction)으로 전파되어 출력값을 계산하고, 출력값과 목표값의 차이인 오차를 계산한다. 이 때 오차신호가 신경망의 역방향으로 전파되면서 연결강도를 수정하기 때문에 역전파 신경망이라 부른다.