시각 생체 모방 소자 기반의 인지 시스템 기술

DOI: 10.3938/PhiT.19.041

박병준·신규상·정명애·김상협

Bio-mimetic Light Sensor Based Cognitive System Technology

Byoung-Jun PARK, Kyu-Sang SHIN, Myung-Ae CHUNG and Sang-Hyeob KIM

This articles aims to introduce a visual attention cognitive system for eye-helper. This system is based on a bio-mimetic light sensor and a integrated cognitive structure. Bio-mimetic light sensor mimics the eye of humans and natural compound eye of insects. This sensor has wide view and low power consumption, and plays the role of human eyes. For the visual attention of human, an integrated cognitive architecture consists of many modules containing representations of knowledge, memories for storage of content and processes utilizing and acquiring knowledge. The visual attention cognitive system based on a bio-mimetic light sensor and a integrated cognitive architecture will be used to explain a wide range of human behaviour, and to mimic the broad capabilities of human intelligence.

저자약력

박병준 박사는 원광대학교 공학 박사(2003)로서 캐나다 앨버타 대학 박사 후 연수과정(2005-2007)을 거쳐 2008년부터 한국전자통신연구원 재직 중으로 시각 생체 모방 소자 및 인지 시스템 기술개발에 참여하고 있다. (bj_park@etri.re.kr)

신규상 연구원은 전북대학교 석사과정으로서 2010년부터 한국전자통신연구원 재직 중으로 시각 생체 모방 소자 및 인지 시스템 기술개발에 참여하고 있다. (heavenline@etri.re.kr)

정명애 박사는 독일 Clausthal 기술대학교 이학 박사(1997)로서 2000년부터 한국전자통신연구원 재직 중이며 창의연구부문 융합기술미래 기술연구부장으로 시각 생체 모방 소자 및 인지 시스템 기술개발에 참여하고 있다. (machung@etri.re.kr)

김상협 박사는 일본 Tohoku대학교 공학 박사(1994)로서 2000년부터 한국전자통신연구원 재직 중으로 시각 생체 모방 소자 및 인지 시스템 기술개발에 참여하고 있다. (shk1028@etri.re.kr)

서론

지구상에 생명체가 출현한 이후, 생명은 온갖 위험 속에서 스스로를 변화시키고, 새로운 생존 기술을 터득하며 끊임없이 진화해왔다. 오랜 시간의 진화로 생명체들 각각은 고도화된 시스템을 갖추게 되었다. 거미가 만들어내는 거미줄은 강철보다 5배나 강하면서 탄성력도 높고, 전복의 외피는 사람이 밟아도 깨지지 않을 정도로 강하고 유연하다. 또한 아프리카 나미브 사막의 한 곤충은 아침 안개에서 물을 모으는 능력을 가지고 있다.^[1,2] 이와 같이 생명체들은 극한 환경 속에서도 생존하기 위해서 스스로를 발전시켜 왔다. 이렇듯 생명은 오랜 기간 진화하고 발전된 고도 과학의 집결체라고 할 수 있다.

인류는 오랜 시간 생명에서 보고 배우고, 그것들을 모방해 왔다. 인류가 도구를 사용하게 된 것도 동물과 식물을 모방하면서부터 시작되었다. 원시시대의 돌칼과 화살촉 그리고 사기 그릇 등은 자연을 모방하여 만들었고, 15세기 레오나르도 다빈치는 새의 날개를 모방하여 비행기를 설계하였으며, 조선시대의 거북선은 거북이의 형상을 모방하여 만들었다.^[3] 자연을 모방하며 시작했던 기술들은 발전을 거듭하여 결국 사람을 날 수 있게 하였고, 바다 속에도 들어갈 수 있게 만들었다.

최근 나노 기술의 급속한 발전으로 자연모사기술을 접목시키려는 나노-바이오기술이 새롭게 각광받기 시작했다.^[2] 의료용 봉합사로 활용하기 위하여 인공 거미줄인 바이오스틸(Biosteel)이라는 소재를 만들려고 시도하고 있고, 토란잎의 초소수성과 자기세정 효과를 관찰 모방하여 페인트를 만들려고 노력하고 있다.^[1] 뿐만 아니라 인간이 가지고 있는 감각기관도 모방의 대상이 되고 있다. 피부의 촉감을 모방한 촉각센서를 개발하고 있으며, 미각, 후각, 시각 등의 감각센서도 모방의 대상이 되고 있다.^[1,2]

REFERENCES

- [1] W. D. Kim, Biophysical Society Newsletter **13**(1), 9 (2008).
- [2] B. Bhushan, Philosophical Transactions of the Royal Society **367**, 1445 (2009).
- [3] Y.-S. Jang and G.-H. Kim, Journal of the KSME **46**(4), 38 (2006).

지금까지 과학발전이 인간 밖의 대상인 생명체를 모사하기 위하여 연구되었다면 이제는 인간 자신의 지능, 마음, 뇌가 핵심 연구 대상이 되고 있다. 특히 자연 지능의 본질, 컴퓨터가 이루어내는 인공지능의 본질, 이 둘 사이의 관계성 및 응용적 구현 등이 21세기 과학기술의 중심 주제가 되고 있다.^[4] 인지과학은 인간의 마음을 하나의 정보처리 체계 즉, 정보처리 구조와 정보처리 과정을 지닌 정보처리 시스템으로 보고 인간의 마음, 뇌, 컴퓨터를 연결하는 개념적 틀을 제공함으로써 단순한 숫자처리 계산기에 지나지 않았던 컴퓨터를 정보처리와 지능(intelligence)을 지닐 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 시각 생체 모방 기술^[5]과 시각 정보 처리를 위한 인지구조에 대하여 기술하고 이들에 기반을 둔 시각 주의집중 인지시스템을 소개한다. 인간은 생활에 필요한 정보의 8할 이상을 시각에 의존한다. 그러나 아직 기존의 시각센서는 인간의 시각과 비교하여 부족한 점이 많을 뿐만 아니라, 처리해야 될 정보량도 너무 많다. 이러한 문제점들을 생체 모방 및 인지과학과의 융합을 통해 극복하고자 한다.

시각과 시각 모방

인간은 시각, 청각, 촉각, 후각 및 미각의 다섯 가지 감각 즉, 오감을 가지고 있다. 이 감각들로 인간은 주변 상황에 대한 정보들을 습득한다. 그 중 인간은 습득하는 정보의 80% 이상을 시각 정보로 인지한다.^[2]

인간은 각막(cornea), 수정체(lens), 망막(retina), 시신경(optic nerve) 등으로 구성된 눈을 통해서 시각을 인지하며 그림 1과 같이 수정체의 모양을 변화시킴에 의해서 원거리와 근거리의 상들의 초점을 맞추어 정확한 시각을 나타내게 한다. 원거리의 경우 그림 1(a)와 같이 수정체와 연결된 모양체근(ciliary muscle)이 이완되면서 모양소체(zonule fibers)가 수축하여 수정체가 얇아지게 되고 초점거리가 길어지면서 먼 곳을 볼 수 있게 된다. 반대로 근거리의 경우는 그림 1(b)와 같이 모양체근이 수축하면서 여기에 연결된 모양소체가 이완된다. 이때 수정체 앞면의 곡률이 변화하여 수정체가 두꺼워지고 초점거리를 짧아지게 하여 가까운 곳을 볼 수 있도록 망막에 정확한 초점이 맺히도록 한다. 망막에는 빛의 수용체로 원뿔 모양의 추상체 세포와 막대모양의 간상체 세포가 존재하여 이 세포들이 빛을 흡수하여 시각 정보를 시신경을 통해 뇌로 전달한다.

인간의 눈을 모방하여 정지된 영상을 기록할 수 있는 카메라가 1830년대에 다게르에 의해서 발명되면서 영상기록의 신기원을 열게 되었다. 감광막을 사용하던 필름형식의 카메라는 1970년 미국 Bell 연구소의 Willard Boyle과 George E.

Fig. 1. Human eye: (a) to view distant object and (b) to view nearby object.^[6]

Smith가 발명한 CCD(Charge Coupled Device)에 의해 20세기 후반부터 디지털 카메라의 보급이 이루어지기 시작했다. 이 CCD 발명의 공로를 인정받아 보일과 스미스는 2009년 노벨 물리학상을 공동 수상하였다. 1967년 RCA의 P. K. Weimer와 Fairchild의 Weckler, Allen Clark Research Center의 Petter J. W. Noble 등에 의해서 개발된 이후 심한 잠음문제로 한동안 발전이 정체되어 왔다. 90년대 중반에 들어 CMOS형 active pixel image sensor가 개발되면서 잡음 문제가 해결되고, 공정기술의 발전에 힘입어 센서의 성능이 발전하면서 90년대 후반에 모바일기기 및 휴대기기에 채용되면서 대중화되기 시작하였다.

1. 시각 센서 기술

(1) 이미지 센서

이미지 센서는 인간의 눈에서 망막의 역할을 담당한다. 즉, 외부에서 들어온 빛을 화소단위로 전기적 신호로 바꾸어 준다. 이미지 센서는 구조에 따라 크게 CCD(Charge Coupled Device)와 CIS(CMOS Image Sensor) 두 가지로 구분할 수 있다. CCD와 CIS는 모두 인간의 눈에서 망막의 시세포라고 할 수 있는 수광 소자(Photodiode)를 포함하고 있다. 외부의 빛이 수광 소자에 입사되면, 광전 변환 과정을 거쳐 빛 에너지

REFERENCES

- [4] J.-M. Lee, Technology&Future **22**(18), 4 (2008).
- [5] D.-S. Um, S.-H. Kim, M.-A. Chung and C.-I. Kim, J. of the Korean Society for Precision Engineering **26**(11), 12 (2009).
- [6] J.-M. Choi, H.-M Son and Y.-J. Lee, Opt. Express **17**, 8152 (2009).

Fig. 2. Architecture of CCD and CIS and block diagrams of driving circuits.^[10]

지가 전자로 변환된다. 그림 2는 CCD와 CIS 구조 및 구동회로의 블록도를 보여준다. CCD는 한 화소의 수광 소자에서 변환된 전자를 pixel array의 말단까지 전자의 형태로 이동시킨 후 buffer에서 전압으로 변환시킨다. 이와 다르게 CIS는 외부에서 들어온 빛을 화소 내에서 광전 과정을 거쳐 전자들을 전압형태의 신호로 변환하여 이동시킨다. CCD는 빛에 의한 전자들을 출력부까지 이동시킨 후 전압형태의 신호로 변환시키기 때문에 출력부까지 전압에 의한 잡음에 자유롭다.^[7] 그러나 CIS의 경우 한 화소 내에서 전자들을 전압 신호로 변환하기 때문에 출력부까지 이동 중에 전압형태의 잡음에 영향을 많이 받는다.^[7] 이 같은 전압에 의한 잡음 때문에 CIS는 한동안 빛을 보지 못했었다.

그러나 active pixel sensor(APS)와 correlated double sampling(CDS) 기술이 응용되면서 CIS의 잡음이 획기적으로 줄어들면서 휴대기기에 응용되기 시작했다.^[7,8] CIS는 단일의 저전압을 사용하는 반면, CCD는 여러 개의 고전압을 사용하기 때문에 소모전력 면에서 CIS가 월등히 적은 양의 전력을 소모한다. 또한 CIS는 standard CMOS 공정을 사용하기 때문에 이미지 센서의 제조 단가도 저렴하다는 장점을 지니고 있다. 뿐만 아니라 화소부, time generator 및 기타 주변 회로 등 대부분의 회로를 one chip화할 수 있기 때문에 집적도면에서 월등한 장점을 지니고 있다. 이 같은 상황으로 최근

Fig. 3. Electron flow by photoelectric effect in semiconductor charge transfer.

CIS는 CCD의 영역까지 시장을 확장해나가고 있다.

(2) Photodiode와 광전효과

인간의 망막에는 약 1억 2천만 개의 간상체 세포와 700만 개의 추상체 세포로 이루어져 있다. 이 같은 간상체 세포와 추상체 세포는 외부의 빛을 감지하여 사물의 모양을 인식하게끔 한다. 이미지 센서는 추상체 세포와 간상체 세포를 대신하여 photodiode로 빛을 감지한다. 한 화소에 하나의 photodiode로 구성되고, 각각의 photodiode에서 빛은 광전 효과에 의해 전기신호로 변환된다.

광전 효과는 빛에 의해서 자유전자가 발생하는 일련의 현상이다. 반도체에서는 물질이 빛을 흡수하여 가전자대에 있는 전자가 빛 에너지를 받아서 전도대로 들뜨고, 전자(electron)가 떠난 가전자대는 정공(hole)이 생기게 되면서 전류를 흐르게 한다. 그림 3은 광전효과에 따른 전자의 이동을 보여주고 있다.

Photodiode는 양전하의 p형 반도체와 음전하의 n형 반도체의 접합으로 구성되며, 접합부에 빛을 비추어주면 전자는 전도대로 들뜨면서 전류를 발생시킨다. 빛 에너지의 크기에 따라 발생하는 자유전자의 양이 달라지기 때문에 photodiode를 인간 망막의 시각 세포와 같은 용도로 사용할 수 있다.

Pin 접합으로 된 photodiode는 p-type 반도체와 n-type 반도체 사이에 비저항이 큰 진성영역(intrinsic layer)을 형성하여 P-I-N 구조로 한 것으로, 공핍층(depletion layer)의 두

REFERENCES

- [7] M. Bigas, Microelectron. J. **37**, 5 (2006).
- [8] A. E. Gamal, IEEE Circuits & Devices Magazine (2005).
- [9] R. A. Yotter, IEEE Sens. J. **3**, 3 (2003).
- [10] D. Litwiller, Photon. Spect. (2001).

Fig. 4. Optical cross-talk induced by direct beam-1 and electron diffusion from beam-2.^[12]

Fig. 5. Anatomical comparisons between a natural compound eye and artificial compound eye described from the cross sections.^[13]

계가 증가하여 정전용량(capacitance)이 감소하기 때문에 양자효율이 높고, 암전류(dark current)가 작은 특성이 있다.^[9] 또한 동작전압이 낮아 저전압으로 구동되는 분야에 많이 응용되고 있다.

(3) 광통로

이미지 센서의 픽셀의 크기가 줄어들고, 적층형 금속배선과 미세공정으로 전환되면서 혼색 현상(Cross-talk)의 문제점이 대두되기 시작했다.^[11] 혼색 현상이란 그림 4의 beam-1에서와 같이 금속 배선 사이로 빛이 반사되어, 원하지 않는 빛이 PD에 입사되거나, beam-2와 같이 PD의 격리 영역(isolation region)에 입사되어 격리 영역으로부터 전자의 확산 현상에 의한 간섭을 받는 것이다.^[12] 이 현상은 색상이 섞이는 문제점과 픽셀의 감도가 떨어지는 문제점들을 유발한다. 비스듬히 입사되는 빛에 의해 생기는 혼색 현상을 줄이기 위해 그림 5

Fig. 6. Photographs of a hemispherical electronic eye camera.^[19]

와 같이 곤충의 결눈을 모방하여, 광통로를 금속층간 절연층(IMD)에 적용하려는 연구가 진행되었다.^[13,14]

광통로는 각 물질의 굴절률(RI, refraction index) 차이에 의한 반사특성을 이용한다.^[15] 스넬의 법칙에 의해 임계각 이하의 빛은 전반사를 하기 때문에 이론적으로 혼색 현상을 줄일 수 있고, 픽셀의 감도도 높일 수 있다. 이미지 센서에 광통로를 적용하기 위하여 여러 가지 방식의 광통로 연구가 보고되고 있다.^[11,16-18]

2. 구형 시각 카메라

카메라는 인간의 눈을 모방하였지만, 현재까지 이미지 센서는 평면으로 만들어져 왔다. 평면 이미지 센서는 구형 이미지 센서와 비교하여 시야각이 좁고, 낮은 수차(aberration)를 보인다.^[19] 따라서 넓은 시야각과 높은 수차를 구형하기 위해서는 인간의 눈과 유사한 구형 이미지 센서가 요구된다.

그림 6은 인간의 눈의 구조와 흡사한 구형 이미지 센서 시스템을 보여준다. 각각의 픽셀을 구부러지는 전선으로 연결하고, 픽셀 배열들을 탄성력 있는 투명 막에 이식하여 만들어진 다.

그림 7은 구형 이미지 센서와 평면 이미지 센서에 의한 이미지를 비교한 것이다. 그림 7(a)~(b)는 빛의 입사각에 따른 초점의 위치를 나타낸 것이다. 그림 7(b)의 가장 왼쪽 선은 실제 이미지의 초점들을 나타낸 것이고, 중간선은 구형 센서의 픽셀 위치들, 그리고 가장 오른쪽의 평편한 선은 평면 이

REFERENCES

- [11] M.-H. Kang, E.-M. Ko, J.-W. Lee and G.-S. Cho, Korean Journal of Optics and Photonics **20**(1), 57 (2009).
- [12] H. Abe, International Electron Devices Meeting, 989 (2004).
- [13] K. H. Jeong, J. Kim and L. P. Lee, Science **312**, 557 (2006).
- [14] L. P. Lee and R. Szema, Science **310**, 1148 (2005).
- [15] A. E. Gamal and H. Eltouky, IEEE Circuits and Devices Magazine **21**(3), 6 (2005).
- [16] T. H. Hsu, *et al.*, IEEE Electron Device Letters **25**, 22 (2004).
- [17] T. H. Hsu, *et al.*, IEEE Electron Device Letters **25**, 375 (2004).
- [18] T. H. Hsu, *et al.*, IEEE Electron Device Letters **26**, 634 (2005).
- [19] H. C. Ko, *et al.*, Nature **454**, 748 (2008).

Fig. 7. Enhanced imaging in hemispherical cameras in comparison with planar cameras.^[19]

이미지 센서의 픽셀 위치들을 나타낸다. 그림 7(c)는 평면 이미지와 구형 이미지의 화질의 차이를 보여준다. 그림 7(c)의 오른쪽 평면은 평면 이미지 센서에 의한 화질들을 나타내고, 그림 7(c)의 오른쪽 평면의 중간 이미지와 왼쪽 평면의 외각 이미지는 구형 이미지 센서의 화질로 설명할 수 있다. 그림 7(c)에서 확인할 수 있듯이 이미지 센서의 중간부분에서의 화질의 차이는 없으나, 이미지 센서의 외각부분의 화질은 그림 7(c)의 아래 두 이미지로 비교할 수 있다. 아래 두 이미지 중 왼쪽은 구형 이미지 센서에 의한 것이고, 오른쪽은 평면 이미지 센서에 의한 것으로 화질의 차이를 확인할 수 있다. 이처럼 구형 이미지 센서는 평면 이미지 센서와 비교하여 시야의 외각 부분에서 평면 이미지 센서보다 더 좋은 화질을 나타낼 수 있다.

인간의 눈을 모방하여 인간이 감지하는 이미지에 최적화하려는 노력이 다양하게 연구되고 있다. 이런 이미지 센서는 우주항공 및 군장비, 의료 장비 등 다양한 산업에 적용될 수 있어 다양한 방식으로 다양한 적용 범위에서 활용될 것이다.

시각 주의집중과 인지과학

1. 시각 주의집중

일상생활에서 우리는 종종 동시에 다수의 사물에 주의를 기울여야 하는데 이를 분산주의(divided attention)라고 한다. 예를 들어, 운전자는 자동차를 운전하면서 동시에 주변의 차와 신호등 그리고 차 속에 있는 사람의 말에 동시에 주의를 기울이게 된다. 분산주의는 일상생활에서 매번 일어난다. 그러나 인간은 흥미를 끄는 자극에 대하여 또는 주된 관심사에 대한 선택주의(selective attention)로 특정 대상에 주의를 맞추고 다른 것들은 무시하는 경향이 있다.^[20]

Fig. 8. Human eye structure with fovea.

뇌 과학에서는 ‘인간의 뇌는 듣고 싶은 것만 듣고, 보고 싶은 것만 보며, 이러한 선택적 신호 처리는 주의집중(attention)이라 한다.’라고 설명하고 있다.^[21] 어떤 사물에 주의집중하게 되면 주의를 기울이지 않았을 때와 같은 시각 자극이지만 뇌에서는 주의를 기울이면 모든 뉴런이 동시에 작용하기 때문에 더 강한 자극을 받은 것처럼 받아들이게 된다.

이러한 주의집중이 눈의 운동과 함께 작용하는 것을 시각 주의집중(visual attention)이라 한다. 인간의 시각 시스템은 무의식적 작용이나 의식적 작용을 통해 주어진 환경에서 상대적으로 두드러지거나 선호되는 특정 사물에 선택적으로 주의를 집중하도록 구성되어 있다. 그렇다면 왜 우리가 환경의 일부에만 선택적으로 주의를 기울이게 되는가? 우리가 앞에 있는 경치를 볼 때 수백만 개의 수용기가 자극되고, 수용기의 신호들은 눈 밖으로 나와 LGN과 피질로 향한다. 시각 시스템이 직면하는 문제는 우리의 망막에서 나온 정보가 너무 많아서, 만일 시각 시스템이 그 모두를 처리해야 한다면 급격하게 과부하된다는 점이다. 이 문제를 해결하기 위해 인간의 시각 시스템은 처리하고 분석할 수 있는 정보의 작은 부분만을 선택하도록 설계되었다. 이러한 선택을 할 수 있도록 한 기제 중 하나가 망막의 구조인데, 망막에서는 추상체만으로 구성된 중심와(forvea centralis)가 있다(그림 8). 중심와란 망막의 황반 속에 있는 중앙의 작은 함몰 부위를 말하며 혈관이 없고 빛 감각세포 중 원추 세포가 모여 있는 곳이다. 어떤 대상물에 시선을 고정할 때에 안구는 대상으로부터 오는 광선을 중심와에 떨어뜨린다. 즉 감광필름 역할을 수행한다. 이 영역은

REFERENCES

- [20] J.-O. Kim, *et al.*, Sensation and Perception, 7/e (Sigma Press, 2007).
- [21] http://www.brainmedia.co.kr/report/view.asp?code=plan&An_num=985&PageNo=4&StartPage=1&id=1063.

세밀한 시지각을 돕기 때문에 깨끗하게 보고 싶은 대상에 중심좌를 맞추어야 한다. 또한 피질의 배율계수(magnification factor) 때문에 중심좌에 투사되는 정보는 중심좌 밖에 투사되는 정보보다 불균등하게 더 많이 처리된다.^[20]

2. 인지과학

인간의 뇌는 수십억 개의 신경세포(neuron)와 이들을 상호 연결하는 수십조 개의 시냅스(synapse)로 구성된다. 이들의 복합적인 작용에 의해 사람들은 사물을 인식하고 어떻게 행동할 것인지를 판단한다. 인지(cognitive)란 여러 가지 방법으로 지식을 변형하고 부호화하고 기억 속에 저장한 다음 그것을 사용할 경우 인출하는 정신과정을 말한다. 이와 같이, 외적 행동을 가져오는 인간의 내적 정신과정을 객관적이고 과학적인 방법으로 연구하는 것이 인지과학(Cognitive Science)이다. 즉, 사람의 두뇌에 의한 정신활동이나 신체기능을 추상적으로 다루지 않고 구체적인 기술로서 재현하려는 학문이다. 인지과학은 컴퓨터 과학을 모태로 하여 마음에 관심을 가진 인접학문 즉 철학, 심리학, 인공지능, 신경과학, 언어학, 인류학 등이 참여하는 학제적 분야이다. 인지과학이 태동한 이래 약 30년이 지난 현재 그 분야에는 적어도 세 가지의 중심 연구가 등장하였는데, 그것은 기호주의(symbolism), 연결주의(connectionism), 체화이론(embodiment theory)이다.^[22]

기호주의를 구성하는 중심 이론은 사고언어 가설(language of thought hypothesis)과 기호적 구성(symbolic architecture) 가설이다. 사고언어 가설에 따르면, 사고는 뇌에서 물리적으로 구현된 기호체계로서의 심성언어에서 이루어지고 명제태도를 통하여 외부세계와 연관된다. 기호적 구성의 대표적인 예로서는 ACT-R^[23]과 SOAR^[24]가 있다. 그림 9에 제시된 ACT-R은 단기지식으로서 작업 기억(ACT-R Buffers)과 장기 지식으로서 서술적 기억(declarative memory)과 절차적 기억(procedural memory)을 갖고 있다. 작업 기억은 일시적인 것으로서 서술적 기억이 활성화된 것이다. 지식의 흐름은 작업 기억으로부터 서술적 기억을 거쳐서 절차적 기억으로 진행된다.

연결주의는 인간의 뇌가 작동하는 방식을 모형화한 이론이다. 기호주의가 인지를 기호로 표현된 정보를 처리하는 과정으로 본다는 점에서 컴퓨터 은유에 근거하고 있다면, 연결주의는 뇌의 구성을 모의한다는 점에서 뇌 은유에 근거를 두고 있다. 연결주의의 구성은 그림 10과 같이 신경세포와 신경세포들의 연결을 각각 노드와 노드들 간의 연결로 모의한다. 정보는 노드들의 망에서 분산적으로 표현되고 저장되며 병렬적으로 처리된다.

체화이론은 인지과학에서 최근에 등장하고 있는 체화된 마음 또는 체화된 인지에 관한 이론을 의미하며, 마음의 작용에

Fig. 9. ACT-R 5.0.^[25]

Fig. 10. Architecture of a connectionism.^[26]

서 환경이 차지하는 역할을 강조한다. 마음이 체화되었다는 것은 존재론적 의미와 인식론적 의미를 동시에 갖는다. 존재론적으로 그것은 마음이 몸 또는 마음의 생물학적 기반인 뇌에 구현되어 있다는 것을 의미하며, 인식론적으로는 몸 또는 마음의 생물학적 기반인 뇌를 고려함으로써 마음을 더 잘 이해할 수 있다는 것을 의미한다.

인지과학은 뇌와 마음과 컴퓨터가 본질적으로 동일한 추상적 원리를 구현하는 정보처리 체계들이라는 생각에서 출발하였다. 그리고 인간을 포함한 동물에게서 각종 정보처리가 어떻게 일어나며, 그러한 정보처리를 통해서 지능이 어떻게 가능하게 되고 구현되는가, 또 응용될 수 있는가를 탐구하려는 종합과학이다.^[4]

REFERENCES

- [22] Y. Rhee, Philosophical **23**, 5 (2008).
- [23] J. R. Anderson, The Architecture of Cognition (1995).
- [24] A. Newell, P. Rosenbloom and J. Laird, *Symbolic Architecture of Cognition*, edited by M. Posner (Foundations of Cognitive Science, MIT Press, 1989).
- [25] <http://act-r.psy.cmu.edu>.
- [26] Elman, Finding structure in time, CRL Tech. Report 88-01, Center for Research in Language, University of California (1988).

3. 시각 주의집중 인지시스템

인지, 감성, 동작 등의 인간본성, 인간의 감각 처리 기술을 바탕으로 하는 휴먼 인터페이스 기술은 사용자의 상황을 판단하여 사용자 중심의 새로운 서비스 인터페이스 환경을 지원하는 단계에 있으며 사용자에게 보다 편리하고 혁신적인 서비스 제공을 위하여 인간 공학의 범주 안에서 감성, 인지 등을 응용한 융합 IT 기술 개발이 시도되고 있다. 이러한 고도화된 사용자 중심의 서비스를 제공하기 위해서는 인간의 뇌-인지 메커니즘을 이해하고 인간과 자연스럽게 상호작용할 수 있는 인지컴퓨팅 방법론을 개발이 필요하다. 이에 인지 심리학 분야에서는 인간의 인지 기능을 모델링하는 통합형 인지구조(Cognitive Architecture)를 개발하고 있으며, Tower of Hanoi, 강의실 내 수학문제 해결, Tic-Tac-Toe, Chess와 같은 전략게임에서 좋은 결과를 보여주고 있다. 또한 자폐증 환자, 알츠하이머 환자, 장애인 감각 보조 시스템으로의 활용을 위한 연구도 계속적으로 이루어지고 있다.

시각 주의집중 인지시스템 개발은 통합형 인지 아키텍처를 기반으로 시각 센서로부터 입력되는 영상정보로부터 의미 있는 영상정보를 추출하기 위한 시스템 개발이다. 즉 주의집중 기능을 가진 사람의 시각 시스템과 마찬가지로 생체모방형 시각센서로부터 입력되는 방대한 데이터 중 사용자가 관심을 가지고 있는 또는 원하는 목적에 부합하는 영역에 집중하여 정보를 처리할 수 있도록 개발하고자 한다. 특히, 장애인 또는 노약자의 시 감각 보조를 위해서 일반인과 같이 시각 주의집중할 수 있는 시각 주의 모듈의 개발이 필요하다.

인간 시각 시스템의 주의 집중을 유발하는 요소는 다양하다. 하나의 입력 영상에서 시각 정보의 분포 특성에 의해 결정될 수도 있고, 연속 입력 영상에서 시각정보의 동적 특성의 변화량에 의해 결정될 수도 있다. 한편, 원근의 차이도 시선을 결정하는데 영향을 줄 수 있다. 이와 같이 시각시스템이 시각정보의 특성에만 기반을 두어 무의식적으로 시선을 결정하는 것을 상향식 시선결정이라고 한다. 반면, 목표하는 대상이나 선호하는 대상이 있거나 감정 상태에 따라 시선을 결정하는 것을 하향식 시선결정이라고 한다.^[27] 시각 주의집중 인지시스템 개발은 사용자 의도, 즉 사용자가 목표하는 또는 선호하는 대상에 집중하기 위하여 하향식 시선결정을 기반으로 시각 주의 모듈을 개발하고 있다. 그림 11은 시각장애인이거나 노약자가 지하철 역 입구를 찾을 수 있도록 하는 하향식 시선결정에 기반한 시각 주의집중 인지시스템 서비스의 한 예를 보여준다.

시각 주의집중 인지시스템 개발은 Eye-helper로써의 기능 외에도 다양한 분야에서 사용자의 의도 등을 고려하여 개인화된 서비스를 제공하기 위해 활용될 것이다.

Fig. 11. A service of cognitive system with visual attention.

맺음말

인간의 생활에서 가장 많이 정보를 받아들이는 기관 중 하나는 눈이다. 1970년대 이후 시각 센서는 다양한 방식으로 발전을 해왔다. 90년대 후반 공정기술의 도약으로 저전력, 고화소의 CMOS 이미지 센서의 장이 열렸다. 그리고 시각 센서는 21세기 초소형, 광시야를 가지는 이미지 센서로 발전하고 있다. 인간의 눈을 모방하면서 시작했던 이미지 센서 기술은 어느덧 인간 눈의 구조와 유사한 단계에 이르렀으며, 이제는 인간의 시각과 유사한 이미지를 구현하고 있다.

뇌와 마음과 컴퓨터가 본질적으로 동일한 추상적 원리를 구현하는 정보처리 체계들이라는 생각으로부터 인간이 어떻게 사고하는지를 이해하고, 인지적 처리과정을 밝히기 위하여 인지과학은 발전하였다. 이제까지 과학기술이 물질의 본질 탐구와 활용을 중심으로 발전하였다면, 앞으로는 인간의 뇌와 인지능력을 효율적으로 활용하기 위하여 인지과학을 중심으로 과학기술은 발전할 것이다.

본 연구팀은 시각 장애인들을 위한 시각 도우미(eye-helper)를 연구 및 개발하고자 한다. 본문에서 언급했던 광시야, 저전력 시각 센서(CMOS 이미지 센서 기반)를 기반으로 시각 주의집중 인지시스템 기술을 개발 중에 있다. 가까운 미래에 헬렌 켈러의 소망이 실현되기를 기대하며, 본 연구진은 최선을 다해 연구에 몰두할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010K001126).

REFERENCES

- [27] M.-H. Lee, The Magazine of the IEEK **36**, 1192 (2009).