

---

# 인공망막 구현을 위한 망막세포의 특성에 의한 정보처리

제성관\*, 김광백\*\*, 조재현\*\*\*

\*부산대학교 전자계산학과, \*\*신라대학교 컴퓨터공학과

\*\*\*부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부

## Information Processing by Retinal Cells for Artificial Retina

\*Sung-Kwan Je, \*\*Kwang-Baek Kim, \*\*\*Jae-Hyun Cho

\*Department of Computer Science, Pusan Univ.

\*\*Department of Computer Engineering, Silla Univ.

\*\*\*School of Computer Information, Catholic Univ. of Pusan

E-mail : jhcho@cup.ac.kr

### 요 약

최근 선진 각국에서는 시각장애인을 위한 인공 망막 모델구현을 위한 연구가 매우 활발히 진행 중이다. 인공 망막의 여러 기법중 시각피질자극에 의한 방법은 망막손상과 시신경 손상 환자에게 적용할 수 있도록 시피질을 자극한다. 그러나 이 방법은 시각자극전달의 중간단계를 생략하고 직접 뇌세포를 자극하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 시각피질자극방법에 기반하여 인간시각처리와 유사하게 영상의 압축방법을 부과함으로써 세포의 특성을 고려한 모델을 나타낸다. 실험 데이터로는 자동차 번호판 숫자들이며, 인식기는 SOM을 사용하였다. 실험결과, 제안된 인식모델과 일반적 인식모델과의 차이가 없음을 알 수 있었다.

### 1. 서론

현재 생체학적 눈에 기반한 연구가 활발히 진행 중이다. 망막이상으로 생기는 AMD(Age related Macular Degeneration)와 RP(Retinitis Pigmentosa) 같은 병을 가진 시각장애인이 천만명 이상이 있다. 현실

적으로 기존의 의학 기술로서 치료하는 것이 힘든 것이 사실이다. 이에 생체공학적인 기반하에 제작 이식하여 시력을 회복시키기 위한 인공망막(Artificial Retina)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인공망막의 기술은 크게 4가지로 분류된다. 망막하 자극기(Sub-retinal Stimulator), 망막앞자극기

(Epi- retinal Stimulator), 시신경자극기 (Optic Nerve Stimulator), 그리고 시피질자극기(Visual Cortex Stimulator)등이다. 망막하자극기는 망막중 양극세포를 자극하여 망막의 신경망 처리과정을 활용함으로써 화상피리부가 생략되어 구성이 간단하지만 자극에 필요한 전류생성의 문제가 있다. 망막 앞 자극기는 미국 MEEI에서 시도하는 방법으로 신경세포 자극기를 망막위에 붙이는 방법으로 전극의 삽입이 용이하나 망막에 손상을 줄 우려가 있다. 그리고 시피질 자극기는 1968년 Brindley와 Lewin에 의해 첫 시도되었으며 망막손상과 시신경 손상환자에게 적용할 수 있도록 시피질을 자극한다. 이 방법은 시각자극전달의 중간단계를 생략하고 직접 뇌세포를 자극하는 것이다 [1][2].

본 논문에서는 시피질자극 방법에 기반하여 기존의 시피질자극 방법에서 배제되고 있는 중간단계를 망막의 특성을 고려하여 최적의 영상으로 표현하여 시각피질에 적용하고자 한다.

인간의 시각정보 처리과정은 여러 단계로 구성되어져 있으며, 그 일차적인 정보처리는 인간의 망막에서 이루어진다. 인간의 망막은 빛에너지를 전기 화학적 에너지로 변환하는 과정뿐만 아니라, 그 정보를 시각경로(visual path)로 전달하는 역할을 하고 있다. 망막(retina)에서 신경절 세포(ganglion cell)로 정보 전송할 때 중요한 정보의 손실은 최소화하면서 전체정보량을 최대한 축소시키는 압축을 한다. 즉, 인식에 관련된 무엇(What)에 관련된 정보는 최소의 손실로, 어디(Where)에 관련된 정보는 최대한 압축되어진다. 따라서 인간시각은 무엇에 관한 정보에 민감하고, 어디에 관한 정보에 둔감하다[4]. 따라서 본 논문에서는 망막의 특성을 기존의 압축기법을 적용하여 압축된 영상으로 인식함으로써 학습 데이터의 효율성을 높이고 압축정도에 따른 인식율을 나타내었다.

## 2. 망막세포와 압축기법

### 2.1 망막 세포들의 구성

최근 의학적, 공학적으로 인간의 시각시스템 계통의 시각 정보처리과정에 대한 지식들이 규명되어 지고 있으며, 세계의 선진각국에서는 이러한 시각 정보처리과정에 대한 모델링을 통하여 인공망막을 구현하기 위한 연구가 진행되고 있다.

인간의 시각 체계는 빛에너지가 망막에 역 변환된 상으로 맺히며, 이러한 영상은 먼저 망막으로부터 출력되는 전기화학적 신호를 신경절세포로 구성된 시신경(optic nerve)에 의해 초기시각피질로 이동된 이후 인지과정을 거치게 된다. 눈동자의 뒤에 위치한 망막은 그림 1과 같이 여러 개의 수직층(vertical layer)으로 복잡하게 구성되어 있다. 그러나 신경절 세포는 한 개의 눈에 고작 100만 개뿐이므로 1억 2천 5백만 개의 수용기로부터 신경절 세포에 이르기까지 상당한 양의 시각정보의 압축이 일어난다. 실제적으로 약 1억 2천만 개의 간상세포와 6백만 개의 원추세포에서 샘플링 된 영상들이 망막의 기전에 의해 아날로그 형태의 전기적 신호로 변환되는데, 이 신호들은 망막의 시신경을 통하여 뇌의 대뇌피질의 시각영역으로 전달되기 위해 신경절 세포에서 펄스형태의 신호로 변환된다. 이런 신경절 세포수가 약 100만개이므로, 약 130:1의 정보압축효과를 나타내면서 데이터압축을 가능케 한다. 즉, 인간은 100만개의

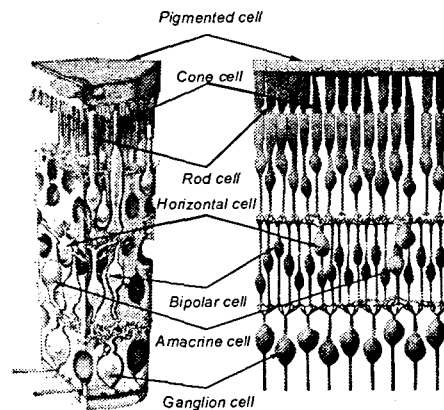


그림 1 망막세포들의 구성

신경절 세포에서 초기시각피질까지의 시각

정보 전송으로도 물체를 인식하는데 별다른 문제를 보이지 않고 있다[5-6].

## 2.2 압축 기법

영상 압축방법은 고 압축에서도 선명한 영상을 제공하게 할뿐만 아니라, 영상의 중요한 특성을 고려한다. 기존의 영상 압축기법에서 주로 사용되어온 DCT(Discrete Cosine Transform)변환은 영상을 일정한 크기로 잘라 변환하기 때문에 압축률이 높아지면 블록화 현상을 보이게 되고 영상의 질이 현저하게 저하되는 결과를 가져온다 [12]. 이러한 단점을 극복하기 위한 방법으로 각 구획을 중첩하여 사용하는 LOT(Lapped Orthogonal Transform), 웨이블릿변환 그리고 프랙탈 부호화방법등이 제시되고 있다. 특히 프랙탈 부호화 방법은 크게 전체 변환 시스템과 부분 변환 시스템으로 나눌 수 있다. 1988년 Jacquin은 부분 변환 시스템을 사용하여 구현이 용이한 알고리즘을 개발하였고[8], 이후 Fisher, Beaumont등이 Jacquin의 모델을 기반으로 하여 좋은 결과들을 얻어내었다[8][9]. 여러 방법중 Fisher는 압축율과 화질의 성능을 조정할 수 있도록 domain pool의 종류를  $D_1, D_2, D_3$ 로 구분하였다. 계수 변환값  $s_i$  와  $o_i$ 는 RMS척도를 이용하여 range 블록의 화소값과 변환된 domain좌표 값의 차이를 최소화하여 구한다. 실제로는 최소 자승법 (least square method)을 적용하여 계산한다. domain 블록의 화소 밝기가  $a_1, \dots, a_n$  이고 range 블록의 화소 밝기  $b_1, \dots, b_n$ 인 두개의 블록이 있다고 할 때 다음 식을 최소로 하면  $s_i$ 와  $o_i$ 의 최적값을 계산할 수 있다.

$$R = \sum_{i=1}^n (s \cdot a_i + o - b_i)^2$$

(2-1)

이 식은 변환된 domain 블록의 화소 밝기 값  $a_i$ 가 range 블록의 원래의 화소 밝기 값  $b_i$ 와 최소 거리가 되도록 Contrast와

Brightness를 정하는 것이다.  $R$ 의 최소값은  $s$ 와  $o$ 에 대해 편미분을 하고, 각각을 0으로 두면 구할 수 있다. 본 논문에서는 시각피질자극에 의한 방법에 기반하여 망막에서 신경절세포로 정보를 전송시 데이터가 압축되는 특성을 프랙탈 부호화방법에 의해 구현하여 기존의 일반적 인식모델과 성능을 비교하고자 한다.

## 3. 제안하는 영상인식 모델

현재의 컴퓨터시각 이론은 획득한 영상을 그림 2 와 같이 영상의 특징을 추출하여 물체를 인식하는 과정을 거치게 된다. 즉 인간 시각의 특징정보 추출과정을 모방하여 물체를 인식하고는 있으나 실제 그 응용 과정 중에 인간의 시각정보처리과정과는 상이한 형태로 발전되어지고 있다.

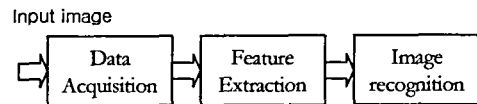


그림 2 일반적인 영상 인식모델

최근 인간의 시각정보처리 과정에 관련한 연구가 진행 되고 있으며, 점차 인간의 시각정보처리과정이 규명되고 있다. 현재 세계각국 및 국내에서도 이러한 모델의 연구 시도가 활발히 일어나고 있다[1-4]. 컴퓨터 시각은 앞에서 살펴본 바와 같이 인간 시각정보처리과정의 개략적인 형태를 모방하고 있을 뿐 그 정보처리과정은 인간의 시각정보처리과정과는 상이한 형태를 보이고 있다. 본 논문에서는 프랙탈 부호화 기법을 이용함으로써 인간의 시각체계 인식과정과 유사한 모델을 제안하고 그림 3 에 나타내었다. 인간의 망막에서 전해지는 정보는 신경절 세포에서 중요한 정보의 손실은 최소화하면서, 전체정보량을 최대한으로 축소시키는 압축

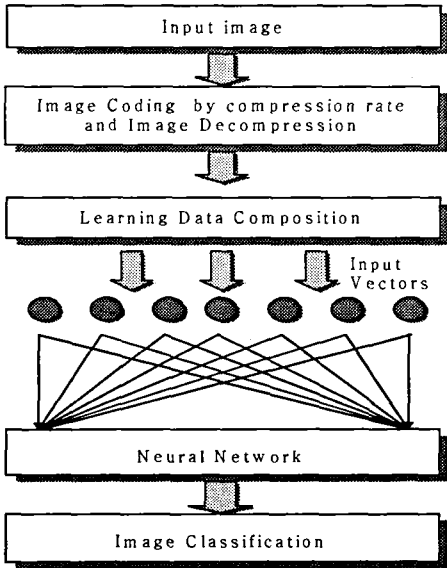


그림 3 망막특성에 의한 영상 인식

을 수행한다. 이러한 특성은 프랙탈의 자기 유사성과 매우 유사하다. 그리고 망막의 중심와 영역에서 신경절세포의 P-cell로의 매핑 과정과 그 매커니즘이 매우 유사하다. 현재 개발되어 있는 신경회로망 알고리즘에는 수많은 알고리즘들이 존재하고 있다. 각 알고리즘들에 있어 각 특성에 맞는 적용 분야들이 존재하는데, 일반적으로 주어진 데이터를 유사한 특성을 갖는 클러스터(Cluster)로 분류하는데 목적이 있을 경우 가장 많이 사용되는 방법은 ART(Adaptive Resonance Theory), SOM(Self-Organizing Map), Fuzzy-ART 등이 있다. 본 논문에서는 비지도 학습의 자율 신경망 모델로서 비교적 단순하면서도 주어진 입력 패턴에 대하여 정확한 해답을 주지 않아도 '자기조직화'가 되면서 스스로 학습할 수 있는 능력을 가지고 있는 SOM을 사용하였다 [10].

#### 4. 실험결과

본 논문에서 제안한 방법 Pentium 2.4GHz, Window XP환경에서 Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 자동차번호판에서 추출한 숫자영상

32×32크기의 데이터 400개를 사용하여 프랙탈 압축 정도에 따른 인식율을 실험하였으며 그림 4에 나타내었다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 자동차번호판에서 추출한 영상을 프랙탈 부호화에 의해 구해진 복원 영상을 신경망 알고리즘 중 많이 사용되어 지는 SOM을 이용하여 제안하는 인식 모델을 실험하였다.

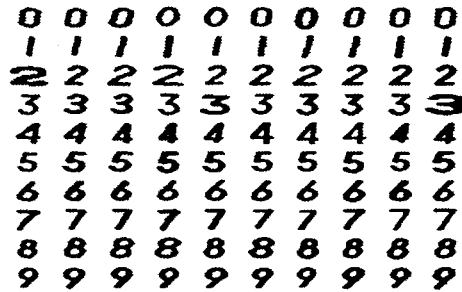


그림 4 실험에 사용된 번호판 숫자

실험에 사용되어진 알고리즘의 학습을 및 학습 횟수 등 필요한 파라미터는 모두 동일하게 실험하였다. 실험결과를 표 1에 제시하였다. 본 논문에서는 영상의 압축을 변화(Range 블록 수)에 따른 영상인식 성능을 실험하였다.

표 1 영상압축율에 따른 인식율

SOM	일반적 모델	영상압축에 의한 모델		
		16	64	256
range 블록수		16	64	256
훈련데이터 (개)	200	200	200	200
테스트데이터(개)	200	200	200	200
인식율	99%	89%	98%	99%

즉 원영상의 정보는 어떤 방법으로도 손실 압축을 수행하면 원영상의 정보에 손실이 일어난다. 그러므로 실제 원영상의 인식 성능 보다는 압축되어진 영상에서의 인식

성능의 개선은 어렵다. 높은 압축율에서 어느 정도 인식 성능의 저하가 발생하는지 실험하였다. 실험결과 실제 데이터의 양에 비하여 정보를 축약하여도 숫인식의 성능 저하는 미비하였다. 이러한 결과는 제안하는 방법이 압축된 정보에 의해서도 충분히 인식됨을 표현하는 것이다. 영상의 고주파 성분 및 인간의 시각특성을 고려하여 영상의 정보를 축약하여도 실제 인식성능에는 큰 영향을 미치지 않는 결과를 알 수 있다. 이러한 결과로부터 인간의 시각정보처리과정에 따라 영상축약을 하여도 실제 인식성능에서는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어진다.

## 5. 결론 및 향후과제

본 논문은 인공망막구현의 효율적 정보처리를 위하여 인공망막의 여러 방법 중 시각피질자극 방법에 기반하여 인간시각처리와 유사하게 영상의 압축방법을 부과함으로써 좀더 세포의 특성을 고려한 모델을 나타내었으며 압축되어지지 않는 일반 데이터와 별다른 성능 차이를 보이지 않았다. 추후 시각피질까지의 모델링에 의한 인지과정까지의 모델이 완성되어진다면, 실제 인식 성능은 더욱 개선되어질 것이다.

## 6. 참고 문헌

[1] L. Schwiebert, "A Biomedical Smart Sensor for the Visually Impaired," IEEE Sensors 2002, no. 62-2, 2002.  
 [2] Martin fisxhler, Intelligence: The eye, the brain and the computer, Addison-Wesley, 1987.  
 [3] J-H, Cho, "Learning data composition and recognition using fractal parameters" IJCNN'99, Washington, D.C., July 1999  
 [4] 뇌과학연구소, "뇌정보처리에 기반한 인공시청각 시스템 연구," 한국과학기술원 연구보고서, 과학기술부, 2001  
 [5] 이인식, 눈과 컴퓨터, 컴퓨터월드, 1989  
 [6] 이인식, 사람과 컴퓨터, 까치 글방, 1992  
 [7] 김대수, 신경망 이론과 응용(I), 하이테크정보, 1992.

[8] D. M. Monro and F. Dudbridge. "Fractal approximation of image block" in Proc. ICASSP, pp. 485-488, 1992.  
 [9] Y. Fisher, E.W. Jacobs, and R.D. Boss. "Fractal Image Compression Using Iterated Transforms." Technical Report, Naval Ocean Systems Center, San Diego, CA92142 -5000.  
 [10] Kohonen, T. Self-Organizing Maps, Berlin: Springer-Verlag. First edition was 1995, second edition 1997.  
 [11] 홍성훈, "JPEG2000정지영상 압축부호화기초," IDEC2002강좌, IDEC, 2002.  
 [12] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital image processing, Second edition, Prentice Hall, 2001.