

패턴인식을 위한 타원형 Fuzzy-ART

강성호^{*} · 정성부^{**} · 임중규^{*} · 이현관^{***} · 엄기환^{*}

^{*}동국대학교 · ^{**}서일대학 · ^{***}호남대학교

Ellipsoid Fuzzy-ART for Pattern Recognition Improvement

Seong-Ho Kang^{*} · Sung-Boo Chung^{**} · Joong-Gyu Lim^{*} · Hyun-Kwan Lee^{***} · Ki-Hwan Eom^{*}

^{*}Dongguk University · ^{**}Seoil College · ^{***}Honam University

E-mail : ksh7209@dgu.edu

요 약

본 논문에서는 Fuzzy-ART (Fuzzy-Adaptive Resonance Theory) 신경회로망의 패턴인식 성능을 개선하기 위해 Mahalanobis 거리를 이용한 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망을 제안한다. 제안한 방식은 벡터공간상에서 패턴의 영역을 규정하기 위해 Mahalanobis 거리 개념을 이용한다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위해 얼굴인식에 적용하였으며, 기존의 방식과 비교 검토한 결과 유용성을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper proposed Ellipsoid Fuzzy-ART (Fuzzy-Adaptive Resonance Theory) for recognition performance improvement to use Mahalanobis distance. The suggested method uses Mahalanobis distance to decide pattern boundary region at vector space. In order to confirm the validity of proposed method, comparison of the performance has made between existing method and the proposed method through simulation.

키워드

ART, Fuzzy ART, Mahalanobis distance, Pattern Classification.

I. 서 론

ART(Adaptive Resonance Theory) 신경회로망은 Grossberg 와 Gail Carpenter가 제안하였다 [2][6]. ART 신경회로망의 특징은 기존의 일반적인 신경회로망 모델에서는 학습이 완료되어 연결 강도가 특정한 값으로 고정된 상태에서 새로운 패턴을 학습시키고자 할 경우 처음부터 다시 신경회로망을 학습시켜야 하는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 Grossberg와 Gail Carpenter는 안정성과 유연성의 딜레마라고 언급하였고, ART 신경회로망은 학습되지 않은 새로운 패턴이 들어오면 새로운 클러스터를 형성함으로써 이미 학습된 패턴들에 영향을 주지 않는 신경회로망 모델이다 [2-6].

ART 신경회로망은 ART1, ART2, ART3, ARTMAP, Fuzzy-ART, Fuzzy-ARTMAP 등 여러 종류가 있다[6].

Fuzzy-ART는 ART1의 확장형으로 Carpenter가 처음 소개하였다. Fuzzy-ART 신경회로망은 표본

을 토대로 한 방식이며, 입력패턴은 벡터공간상에서 초-사각형형태로 분류된다. 초-사각형형태는 Fuzzy-ART 신경회로망이 L_1 -norm을 이용하기 때문이며, 이러한 초-사각형형태의 분류방식은 최적의 분류방식이 아닐 수도 있다.

Fuzzy-ART 신경회로망의 패턴분류 성능을 개선하기 위해 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망과 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망의 학습규칙을 제안한다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위해 얼굴인식에 적용하였으며, 기존의 방식과 비교 검토한 결과유용성을 확인하였다.

II. Fuzzy-ART 신경회로망

2.1 Fuzzy-ART 신경회로망의 기본구조

Fuzzy-ART 신경회로망의 기본구조는 ART1 신

경회로망과 유사하며, 차이점은 Fuzzy-ART 신경 회로망은 입력층에서 보수코딩방식을 이용하고, 유사도 시험과정에서 퍼지논리곱 연산자를 이용 하기 때문에 아날로그 입력패턴도 분류할 수 있다. 그림 2-1은 기본구조이며, 두 가지 서브시스템, orienting 서브시스템과 attentional 서브시스템으로 구성되어 있다.

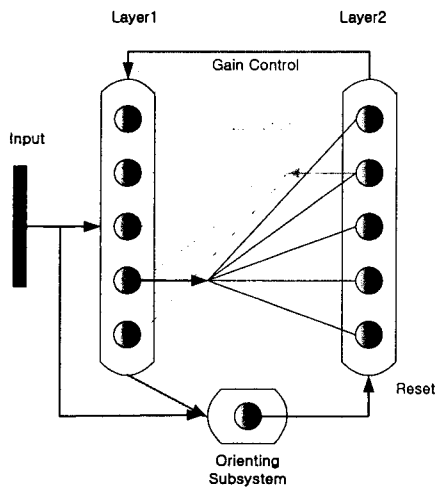


그림 2-1. Fuzzy-ART의 기본구조

attentional 서브시스템은 입력층, 비교층, 인식 층으로 구성된 3계층 구조이다. 입력층은 식(2-1) 과 같이 입력패턴을 입력과 입력의 보수형을 비교 층으로 전송한다[2].

$$x^e = [x \ x^c] = [x \ 1-x] \quad (2-1)$$

비교층과 인식층은 서로 정보를 교환하고, 인식층 은 winner-take-all 방식으로 승리 뉴런이 출력된다. 비교층에서 인식층방향으로 bottom-up 가중치벡터 가 인식층에서 비교층방향으로 top-down 가중치 벡터가 연결되어 있다. top-down 가중치 벡터를 템플릿패턴이라 하며, 기존에 분류된 패턴들이 저장되게 된다.

orienting 서브시스템은 입력패턴과 템플릿패턴 사이의 충분한 매칭정도를 결정한다.

입력패턴과 템플릿패턴사이의 거리는 식(2-2)와 같고, L_1 -norm이 이용된다.

$$\begin{aligned} dis(x, w_j) &= |w_j| - |x^e \wedge w_j| \\ &= \sum_{m=1}^M [(\max\{x_m, w_{jm}\} - v_{jm}) \\ &\quad + (u_{jm} - \min\{x_m, u_{jm}\})] \end{aligned} \quad (2-2)$$

여기서, x 는 입력패턴, w_j 는 템플릿패턴, u_j 는 원점에 가장 가까운 점, v_j 는 가장 먼 점을 의미 한다.

초-사각형의 크기는 식(2-3)과 같고, 그림2-2는 2차원 입력공간에서 템플릿패턴의 거리와 크기의 관계를 나타낸다.

$$\begin{aligned} s(w_j) &= M - |w_j| = |v_j - u_j| \\ &= \sum_{m=1}^M (v_{jm} - u_{jm}) \end{aligned} \quad (2-3)$$

여기서, M 은 벡터의 차원을 의미한다.

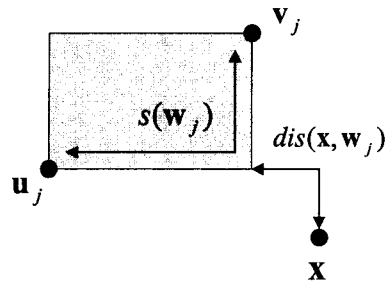


그림 2-2. 2차원 공간에서 입력과 템플릿패턴의 관계

2.2 Fuzzy-ART 신경회로망의 구현

Fuzzy-ART 신경회로망의 구현은 기본적으로 학습단계와 실행단계로 분류된다. 실행단계에서 모든 테스트 패턴들은 패턴의 루프를 반복적으로 수행한다. 학습단계에서는 오프라인 경우 수렴할 때까지 학습이 반복적으로 수행되며, 온라인 경우 학습은 한번 수행된다.

세부적인 절차는 다음과 같다.

1. 입력패턴 x 가 인가된다.
2. winner-take-all 방식으로 가장 큰 출력이 나오는 뉴런을 승리 뉴런으로 정하기 위해 CCF(Category Choice Function)를 계산한다.

$$T(w_j|x) = \frac{|x^e \wedge w_j|}{|w_j| + a} \quad (2-4)$$

여기서, a 는 선택 파라미터이다.

3. CCF값이 가장 작은 노드 J 를 찾는다.

$$J = \arg \max \{ T(w_j|x) \} \quad (2-5)$$

4. 노드 J 에 대하여 유사도 시험을 실행한다. 유사도 시험은 CMF(Category Match Function) 값과 경계파라미터 값을 비교함으로써 이루어진다.

$$\begin{aligned} \rho(w_j|x) &\geq \rho \\ \rho(w_j|x) &= \frac{|x^e \wedge w_j|}{M} \\ \rho(w_j|x) &= \frac{M - s(w_j) - dis(x, w_j)}{M} \end{aligned} \quad (2-6)$$

여기서, ρ 는 경계파라미터이다.

5. 노드 J 가 유사도 시험을 통과하면 6번째 단계를 수행하고, 통과하지 못하면 선택된 로드 J 를 리셋 시키고 3번째 단계부터 다시 시작한다.
6. 입력패턴이 기존의 템플릿패턴에 포함되어있다면 다음 단계를 수행하고 새로운 패턴이면 학습단계를 수행한다.
7. 리셋된 모든 노드를 다시 활성화시키고 입력을 받아들일 준비를 한다.

III. 제안한 타원형 Fuzzy-ART

Fuzzy-ART(Fuzzy-Adaptive Resonance Theory) 신경회로망의 성능을 개선하기 위해 Mahalanobis 거리를 이용한 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망을 제안한다. 타원형 Fuzzy-ART의 기본개념은 그림 3-1과 같이 초-사각형 패턴분류 방식보다 정밀하게 분류할 수 있다.

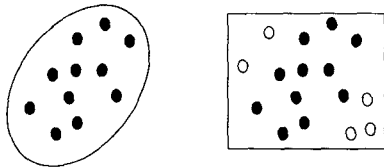


그림 3-1. 타원형과 사각형의 범주

타원형 Fuzzy-ART는 Mahalanobis 거리개념을 이용하며 Mahalanobis 거리는 식(3-1)과 같다[1].

$$\|x - y\|_{\Sigma}^2 = (x - y)^T \Sigma^{-1} (x - y) \quad (3-1)$$

그림 3-2는 Mahalanobis 거리를 나타내는 그림이다.

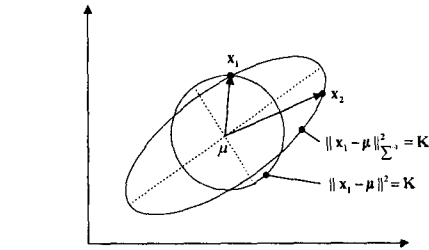


그림 3-2. Mahalanobis Distance

타원형 Fuzzy-ART는 입력패턴을 템플릿패턴에 포함시키기 위해 그림 3-3과 같이 새로운 타원의 중심으로 학습된다.

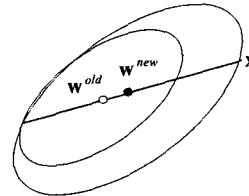


그림 3-3. 타원형 Fuzzy-ART의 학습

타원형의 CMF와 CCF는 식(3-2)과 같다.

$$\begin{aligned} \rho(w_j|x) &= 1 - \frac{R_j + \max\{R_j, \|x - m_j\|_{c_j}\}}{D} \\ T(w_j|x) &= \frac{D - R_j + \max\{R_j, \|x - m_j\|_{c_j}\}}{D - 2R_j + a} \\ \|x - m_j\|_{c_j} &= \frac{1}{\mu} \sqrt{\|x - M_j\|^2 - (1 - \mu^2) [d_j^T (x - M_j)]^2} \end{aligned} \quad (3-2)$$

여기서, m 은 중점, d 는 가장 먼 거리, μ 는 비율 파라미터를 의미한다.

IV. 시뮬레이션

Matlab 언어를 이용하여 얼굴인식에 대하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 이용한 얼굴영상은 그림4-1과 같다. Fuzzy-ART 신경회로망에 이용한 경계 파라미터 값은 0.3과 0.7, 출력뉴런의 수는 20개로 정하고 초-사각형 과 타원형에 관하여 비교 시뮬레이션 하였다.

Fuzzy-ART 신경회로망은 온라인 학습방법과 페스트 학습방식을 이용하였다.

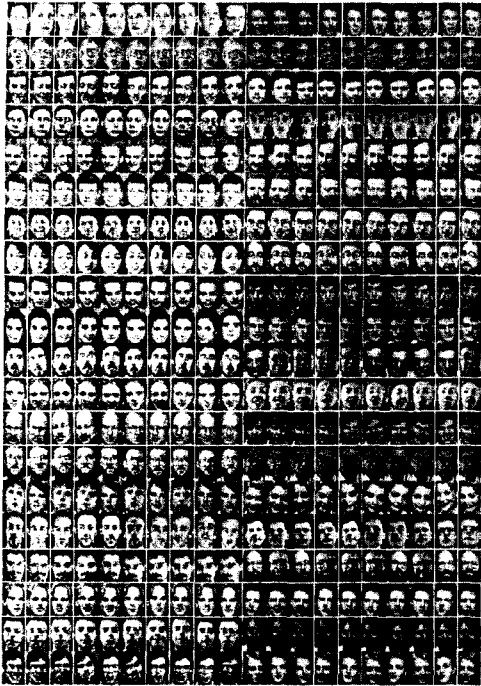


그림 4-1. 테스트 영상

시뮬레이션 결과는 표 4-1과 같다.

표 4-1. 시뮬레이션 결과

	초-사각형		타원형	
	경계파라미터	경계파라미터	경계파라미터	경계파라미터
	0.3	0.7	0.3	0.7
인식률	90%	60%	95%	65%

시뮬레이션 결과 타원형의 인식률이 향상되었음을 확인 할 수 있다. 테스트영상들의 차이가 적다면 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망의 인식률이 더 향상 될 것으로 예상된다.

V. 결 론

Fuzzy-ART(Fuzzy-Adaptive Resonance Theory) 신경회로망의 성능을 개선하기 위해 Mahalanobis 거리를 이용한 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망을 제안하였다. 제안한 방식은 벡터공간상에서 패턴의 영역을 규정하기 위해 Mahalanobis 거리 개념을 이용한다.

이러한 Mahalanobis 거리는 초-사각형보다 패턴을 잘못 인식하는 것을 줄 일수 있다. 초-사각

형과 제안한 타원형 Fuzzy-ART 신경회로망을 비교 시뮬레이션 한 결과 제안한 방식의 우수성을 증명하였다. 향후연구과제로 거리개념의 확장방식을 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] Duda, Hart, Stork, "Pattern Classification," John Wiley & Sons, inc , 2001.
- [2] Levine, "Introduction to Neural and Cognitive Modeling," Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 2000.
- [3] Lavoie, Crespo, Svaria, "Generalization, Discrimination, and Multiple Categorization Using Adaptive Resonance Theory," IEEE Transactions on Neural Networks, 1999.
- [4] Chen, Chang, Tsay "Landscape Image Analysis Using Fuzzy Adaptive Resonance Theory," Systems, Man, and Cybernetics, 1999. IEEE SMC '99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on , Volume: 3, 1999.
- [5] Putman, Tagliariru, Page "Using adaptive resonance theory networks and fuzzy matching to recognize target features in thermal images," Neural Networks, 1999. IJCNN '99. International Joint Conference on, Volume: 6 , Jul 1999.
- [6] Hagan, Demuth, Beale, "Neural Network Design," PWS publishing company, 1996.