

시간적 가중을 이용한 시계열 연상기억시스템

Time-sequential Associative Memory System Using Time Axis Weighting

박 철 영

대구대학교 정보통신공학부

Cheol-Young Park

Department of Computer & Communication Engineering, Taegu University

E-mail: cypark@biho.taegu.ac.kr

요약

본 논문에서는 종래의 정적인 디지털 패턴 매칭을 행하는 연상메모리와는 달리 아날로그의 시계열정보를 직접 처리하여 시간축 방향으로 하중을 설정하는 것으로 강인성이 뛰어난 연상기억시스템을 제안하였다. 시스템의 기본적인 능력을 조사하기 위하여 기억패턴을 주기계열로 그리고 하중은 전부 고정하는 조건으로 단순화하여 시뮬레이션을 행하여 오류 정정능력을 갖는 것을 확인하였다. 시간축 방향의 하중을 적절하게 설정하면 기억용량의 증대나 상기 오류의 저감 등의 효과가 기대된다.

I. 서론

종래의 연상기억시스템은 대부분 기억데이터와 입출력데이터가 0과 1의 정적인 디지털데이터로 각 비트마다 비교연산을 하여 입력패턴과 각 기억패턴과의 해밍거리(Hamming distance)가 가장 작은 것을 출력하는 것이다. 그러나 연상기억시스템에서 연상을 행하는 대상은 외계로부터의 정보이며 대부분 아날로그 시계열정보인 경우가 많다. 따라서 시계열정보처리시스템에서는 실시간 응답이 대단히 중요하다. 종래 형태의 연상메모리에서 아날로그 시계열정보를 취급하려고 하면 A/D와 D/A변환이 필요한 것 외에 아날로그 정보 그대로 처리하는 경우에 비해서 비교나 선택을 하는 처리 때문에 연산회로가 증가하여 실시간 응답성을 손상시키는 요인이 된다.

아날로그 시계열정보를 직접 처리할 수 있는 연상기억시스템이 실현되면 동화상이나 음

성 등의 실시간 인식 처리에 유효하고 그 의미는 크다고 할 수 있다. 그러나 현재 그와 같은 시스템의 연구에 관한 예는 거의 없다. 본 연구에서는 아날로그 시계열정보를 직접 처리할 수 있는 연상기억 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 시계열정보를 상기할 때 현재의 정보와의 일치 결과만으로 출력(상기결과)을 결정하는 것 외에 과거의 일치결과도 고려한 상태에서 출력을 결정하는 시스템이다. 또한 과거의 일치결과가 현재의 출력에 주는 영향의 정도를 시간축 방향에 하중을 설정하여 변화시킴으로써 대상 정보에 대해서 시간적인 의미를 갖게 한다.

II. 연상기억의 개요

연상기억 시스템은 미리 기억하고 있는 패턴 중에서 입력된 패턴에 일치하는 혹은 가장 가까운 패턴을 출력하는 기능을 갖고 있는 시스

템이다. 입력패턴 X 와 출력패턴 Y 를 다음과 같이 둔다.

$$\begin{cases} X=(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ Y=(y_1, y_2, \dots, y_n) \end{cases} \quad (1)$$

패턴 X 와 Y 의 쌍이 여러 개이며 $((X^{(1)}, Y^{(1)}), \dots, (X^{(P)}, Y^{(P)}))$ P 개의 입력패턴 가운데 하나를 시스템에 입력한 경우, 이에 대응하는 출력패턴($X^{(k)}$ 에 대해서는 $Y^{(k)}$)이 나오도록 입출력패턴을 기억하는 것을 연상기억이라 한다. 기억하는 입력패턴과 출력패턴의 쌍이 일치하는 ($X^{(k)}=Y^{(k)}, k=1, 2, \dots, P$) 연상기억을 자기상관기억이라 하며 다른 연상기억을 하는 것을 상호상관기억이라 부른다. 이것은 바꾸어 말하면 부분적으로 결여된 혹은 잘못된 것을 포함하는 정보로부터 그것이 무엇인가를 생각해내는 기능이라고도 할 수 있고 지적정보 처리의 하나라고도 할 수 있다.

연상기억은 인간 등, 생체의 기억에 있어서도 나타난다. 예를 들면 어떤 일에 대해서 질문을 받았을 때 그것에 관한 에피소드 등을 답하는 것이라든지 화상의 일부를 보고 그것이 무엇인지를 답하는 등의 일을 들 수 있다. 또한 연상기억은 생체에 있어서 행동을 결정하는데 중요한 역할을 하고 있다고 알려져 있다.

III. 시간적가중연상기억

생체가 현재의 행동을 결정하는 경우에 그 요인이 되는 것은 현재의 외계로부터의 정보와 과거의 기억이라고 생각된다. 또한 기억이 현재의 행동 결정에 부여하는 영향의 정도는 그 행동의 질과 시간 등이 관계된다고 생각한다. 따라서 본 연구에서는 시계열정보 상기시에 현재의 정보와 일치결과만으로 출력(상기결과)를 결정하는 것뿐만 아니라 과거의 일치결과도 고려한 상태에서 출력을 결정하는 시스템을 제안한다. 나아가서 과거의 일치결과가 현재의 출력에 주는 영향의 정도를 시간축 방향의 하중을 설정함으로써 변화시켜간다. 이와 같이 함으로써 그 정보에 대해서 시간적인 의미를 갖게 한다. 그 모델은 다음과 같이 나타낸다. 지금 시스템으로의 입력계열을 X , 출력계열을 Y 그리고

메모리상의 기억값을 \hat{X} 로 둔다. 그리고 출력은 현재로부터 k 만큼 전의 입력의 영향을 받는 것으로 한다.

$$\begin{cases} X=(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ Y=(y_1, y_2, \dots, y_n) \end{cases} \quad (2)$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{1,1} & \hat{x}_{1,2} & \dots & \hat{x}_{1,n} \\ \hat{x}_{2,1} & \hat{x}_{2,2} & \dots & \hat{x}_{2,n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{P,1} & \hat{x}_{P,2} & \dots & \hat{x}_{P,n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서 n 은 계열의 길이이며 P 는 기억패턴의 수를 나타낸다. 시각 t ($0 \leq t \leq n$)에 있어서 각 기억패턴의 내부 상태함수 $u_{i,t}$ 를 아래와 같이 정의한다. 여기서 W 는 시간축 방향의 하중을 나타낸다.

$$u_{i,t} = \sum_{j=0}^k w_{-j} \cdot |x_{t-j} - \hat{x}_{i,t-j}| \quad (1 \leq i \leq P) \quad (4)$$

$u_{1,t}, u_{2,t}, \dots, u_{P,t}$ 가운데 최소값을 갖는 u 의 패턴번호를 α 로 두면

$$u_{\alpha,t} = \min(u_{1,t}, u_{2,t}, \dots, u_{P,t}) \quad (5)$$

이때 시스템의 시각 t 에 있어서 출력 y_t 는

$$y_t = \hat{x}_{\alpha,t} \quad (6)$$

으로 된다.

IV. 시뮬레이션

여기서는 전술의 시간적 가중연상기억 모델의 시뮬레이션에 대해서 논한다. 시뮬레이션조건으로써 계열의 길이 $n=1000$, 기억패턴의 수 $P=5$, 그리고 고려하는 이력 $k=10$ 으로 한다. 또한 각 패턴마다의 거리 d 를 아래와 같이 정의한다.

$$d(\Phi, \Psi) = |\Phi - \Psi| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\phi_i - \psi_i)^2} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \Phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n) \\ \Psi = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n) \end{cases} \quad (8)$$

또한 시간축 방향의 하중 $w_{\alpha,j}$ 를 변수 a 를 비선형 파라미터로서 아래와 같이 정의한다. 이 하중은 시간적 과거의 것일수록 값이 작아지고 먼 과거의 것은 망각하는 의미를 갖는다. 하중값을 적절하게 설정할 수 있으면 시스템의 기억용량이나 에러 정정 능력의 향상이 기대되지

만 현 단계에서는 우선 기본적인 능력을 조사하기 위하여 문제를 단순화하여 시뮬레이션을 수행한다.

$$w_{a,j} = \exp(-0.1 \cdot a \cdot j), \quad (0 \leq j \leq k, \quad 0 \leq a) \quad (9)$$

상기능력을 조사하기 위하여 기억패턴내의 하나를 선택하여 이것에 노이즈를 부가하는 것으로 기억패턴과 k의 거리를 변화시킨 것을 입력패턴으로 이용한다. 또한 하중값의 비선형성의 영향을 조사하기 위하여 비선형 파라미터 a도 변화시킨다. 여기서는 기억패턴으로서 그림 2에 표시한 5가지의 패턴을 이용한다. 기억패턴 간의 거리는 표 1과 같다. 입력패턴으로는 패턴 3에 노이즈를 부가한 것을 이용한다. 이것은 그림 3에 나타낸다. 이때의 출력(a=2의 경우)을 그림 4에 나타낸다. 그림 4와 그림 5의 d의 값은 식에 의해 구한 그림 3의 패턴 3과의 거리이다. 결과로부터 입력의 거리가 14까지의 경우 거의 완전히 상기가 성공하고 있는 것을 알 수 있다. 입력의 거리가 28의 경우에도 완전히 상기는 되지 않으나 기억패턴에 가까운 출력이 되고 있다. 그림 5는 입력패턴의 거리를 연속적으로 변화시킨 경우의 출력패턴의 거리관계이다. 결과로부터 a=0인 경우가 가장 상기능력이 높고 a가 크게되어 비선형성이 강하게 되면 상기능력이 저하되고 있다. 이 이유는 a가 크게되어 하중의 비선형성이 강하게 되면 등가적으로 k가 작아지는 것과 같게 된다. 그러면 시스템이 판단하기 위하여 정보량은 작아지므로 틀린 상기를 하기 쉽게 되기 때문이다.

V. 결론

종래의 정적인 디지털 패턴 매칭을 행하는 연상메모리와는 달리 아날로그의 시계열정보를 직접 처리하여 시간축 방향으로 하중을 설정하는 것으로 강인성이 뛰어난 연상기억시스템을 제안하였다. 시스템의 기본적인 능력을 조사하기 위하여 기억패턴을 주기계열로 그리고 하중은 전부 고정하는 조건으로 단순화하여 시뮬레이션을 행하여 오류정정 능력을 갖는 것을 확인하였다. 하중값을 고정하기 때문에 대폭적인 상기능력의 향상은 보이지 않았으나 시간축 방향의 하중을 적절하게 설정하면 기억용량의 증

대나 상기 오류의 저감 등의 효과가 기대된다.

VI. 참고문헌

- [1] J. J. Hopfield, "Neural Networks and Physical System with Emergent Collective Computational Ability", Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 79, pp. 2554-2558, 1982.
- [2] Y. Mori, P. Davis, and S. Nara, "Pattern retrieval in an asymmetric neural network with embedded limit cycles", Journal of Phys. A: Math. Gen. vol. 22, pp. L525-L532, 1989.
- [3] E. Eisenstein, I. Kanter, D. A. Kessler, and W. Kinzel, "Generation and Prediction of Time Series by a Neural Network", Physical Review Letters, vol. 74, no. 1, pp. 6-9, 1995.
- [4] D. Kleinfeld, "Sequential State Generation by Model Neural Networks", Proc. of the National Academy of Sciences, USA, vol. 83, pp. 9469-9473.
- [5] H. Sompolinsky and I. Kanter, "Temporal association in asymmetric neural networks", Physical Rev. Lett., vol 57, pp. 2861-2864, 1986.

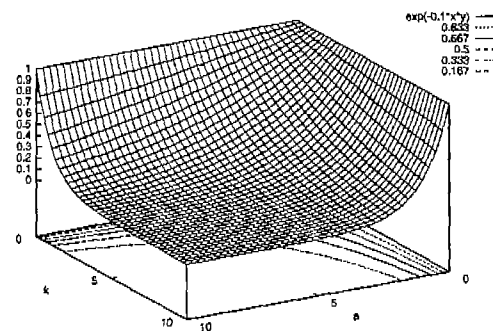


그림 1. 시간적 가중 연상기억시스템의 하중값 W.

표 1. 각 패턴간의 거리

	패턴 1	패턴 2	패턴 3	패턴 4	패턴 5
패턴 1	0	31.63	27.39	31.63	31.62
패턴 2		0	27.39	31.63	31.62
패턴 3			0	27.39	27.38
패턴 4				0	31.62
패턴 5					0

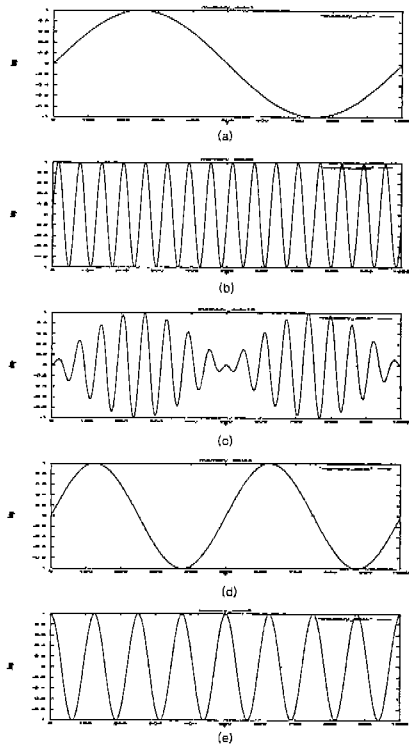


그림 2. 기억패턴

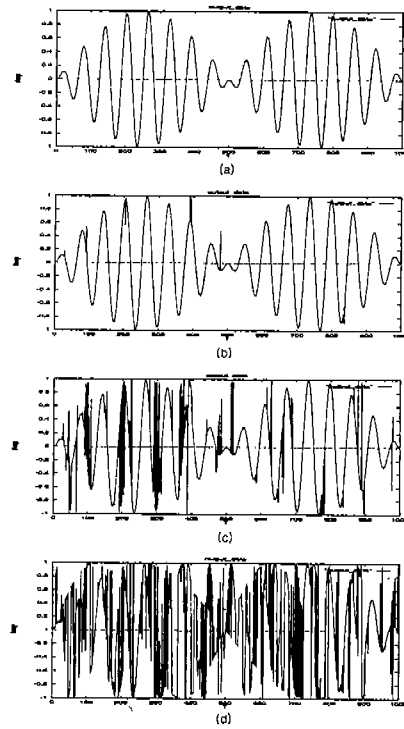


그림 4. 출력패턴(a=2인 경우)

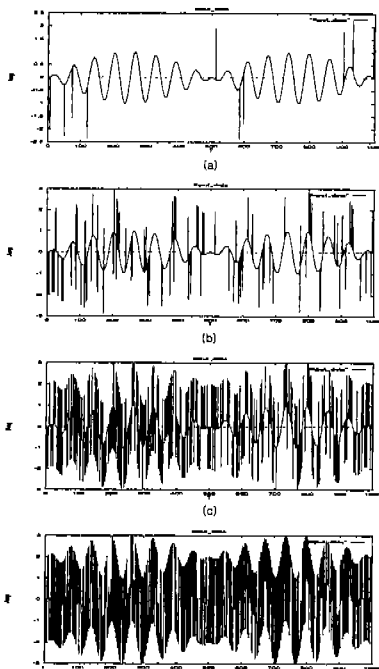


그림 3. 입력패턴

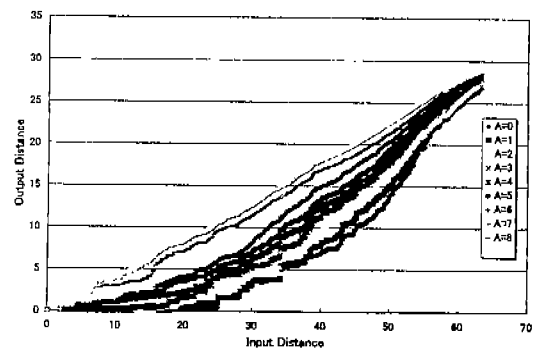


그림 5. 시스템의 연상능력