

역전파 알고리즘을 이용한 양방향 역전파 신경회로망 제안

권상규[○] 최용석

한양대학교 교육대학원 컴퓨터교육과
behide@nate.com, cys@hanyang.ac.kr

A Proposal of the Bidirectional Backpropagation Neural Network Using Backpropagation Algorithm

Sang-Kyu Kwon[○] Young Suk Choi

Dept. of Computer-Science Education, Han-yang University

1. 서 론

인간은 사물로부터 개념을 추상화(Abstract) 혹은 분류(Classification)할 수 있다. 이것은 사람들이 ‘잘 익은 사과’, ‘청사과’, ‘풋사과’ 등을 보고 ‘사과’라는 개념으로 인식하는 것에서 확인할 수 있다. 이에 역으로 개념으로부터 사물을 연상(Recall)할 수도 있다. 예를 들어 소설에서 ‘사과’라는 글자를 통해 개념을 접하게 된다면 가장 익숙한 실제 사과의 모습을 연상하게 된다. 이러한 기능을 할 수 있는 신경회로망이 양방향 연상 메모리(Bidirectional Associative Memory)이다.

하지만 양방향 연상 메모리는 2층 구조로, 구조상 비선형 문제 해결이 불가능하며, 내적 구현(Inner Product Implement)으로 학습하므로 저장 능력이 작고, Feedback 형태로 출력하기 때문에 결과 도출까지 예상시간이 불명확하다. 또한 역으로 연상 시 어떤 패턴으로 수렴할지 알 수 없다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 역전파 신경회로망(Backpropagation Neural Network)을 기본으로 양방향으로 추상화 및 연상이 가능한 양방향 역전파 신경회로망(Bidirectional Backpropagation Neural Network)을 제안한다.

2. 본 론

양방향 역전파 신경회로망을 제안하기 위해 역전파 신경회로망을 기본 구조로 하여 양방향 연상이 가능하도록 하기 위해 역발화(Inverse Fire) 및 역발화 학습(Inverse Learning) 기능을 추가하였다. 역발화란 정발화(일반적인 역전파 신경회로망의 발화)가 입력층에서 출력층으로 결과를 수렴하는 것이라면, 반대로 출력층에서 입력층으로 결과를 수렴하는 것이다. 즉 사물에서 개념으로의 추상화가 정발화라 한다면, 개념에서 사물을 연상하는 것이 역발화인 것이다. 역발화는 정발화를 역으로 이용한 것이다. 제대로 된 역발화를 하기 위해선 역발화 학습을 해야 하는데, 역발화 학습은 역전파(Backpropagation) 알고리즘을 이용한 정발화 학습(일반적인 역전파 신경회로망의 학습 방법)의 방향을 역으로 재해석 하였다. 이렇듯 역전파 신경회로망의 구조, 발화 및 역전파 알고리즘을 적용한 학습 방법을 재사용함으로써 검증된 역전파 신경회로망의 안정성과 장점 및 특징들을 이어 받을 수 있다.

양방향 역전파 신경회로망은 정발화를 위한 정발화 패턴과 역발화를 위한 역발화 패턴이 필요한데, 역발화 패턴을 위해선 대표 패턴의 선정이 필요하다. $\mathbf{a} \rightarrow \mathbf{A}$, $\mathbf{b} \rightarrow \mathbf{B}$ 과 같이 1 to 1 사상 관계로 정발화 한다면, 역발화는 $\mathbf{a} \leftarrow \mathbf{A}$, $\mathbf{b} \leftarrow \mathbf{B}$ 과 같이 될 것이다. 하지만 패턴 분류기와 같은 $\mathbf{a} \rightarrow \mathbf{A}$, $\mathbf{a}' \rightarrow \mathbf{A}$ 인 Many to 1 사상 관계로, 복수 개의 입력 패턴이 하나의 출력 패턴으로 수렴하는 경우에는 역발화 할 때 어느 입력 패턴으로 수렴할지 알 수 없다. 즉 \mathbf{A} 의 대표

패턴이 \mathbf{a} 인지 \mathbf{a}' 인지 알 수 없다. 이런 경우에는 감독자가 선정하여 복수 개의 입력 패턴 중 하나의 패턴을 선정한다. 이것을 대표 패턴이라 한다. 이것이 타당한 것은 서론에서 언급했듯 인간은 어떠한 개념을 받아드렸을 때 그에 맞는 대표 패턴을 연상할 수 있기 때문이다.

양방향 역전파 신경회로망은 정발화 학습과 역발화 학습을 동시에 해야 한다. 이를 위해 개별 수정법에 의한 학습 알고리즘을 제시하였다. 우선 정발화 패턴에 관해 정발화한 후 오차가 기준값 이하면 정발화 학습한다. 그리고 역발화 패턴에 관해 역발화한 후 오차가 기준값 이하면 역발화 학습한다. 이 과정을 모든 정발화, 역발화 패턴이 학습 없이 오차 기준값 이내로 만족할 때까지 수행한다.

일반적으로 역전파 신경회로망은 오차를 확인하기 위해 평균 제곱 오차(Mean-Squared Error)를 사용한다. 하지만 평균 제곱 오차는 특정 노드가 큰 오차를 보일 경우에 평균화되기 때문에 오차가 감춰질 수 있다. 이것은 입출력 층의 노드 개수가 많아질 때 발생하기 쉬운데, 이렇게 되면 오차 평가 함수가 오차 기준값은 만족하나 실제 출력값에는 오류를 포함할 수 있게 된다. 이를 방지하기 위해 최대 오차 평가 함수를 작성하였다. i 는 뉴런 노드 번호, d_i 는 목표 출력, o_i 는 신경회로망의 출력이다.

$$Error = \max(\{|d_0 - o_0|, |d_1 - o_1| \dots |d_i - o_i|\})$$

제한한 양방향 역전파 신경회로망을 검증하기 위해, OOP형태로 C++ 언어, PC환경에서 구현하고 3가지 문제를 적용하여, 각각 100회씩 실험하여 문제 해결 능력을 확인하였다. 비선형 문제 해결을 확인하기 위한 Exclusive-OR, 패턴 분류를 확인하기 위한 3 to 8 Prior Encoder-Decoder, 실용적인 문제 적용을 위한 5 X 5 Char Recognition 등을 대상으로, 각각 문제에 맞는 정발화 및 역발화 패턴 및 양방향 역전파 신경회로망을 만들었다. 5 X 5 Char Recognition의 출력에 대해서는 가독성을 위해 Hard Limit 함수로 Threshold 하였다. 오차 함수는 평균 제곱 오차를 사용하여 95%(오차율 : 0.05) 이상 패턴이 동일하면 성공으로 간주하였다. 실험한 결과, Exclusive-OR은 100%, 3 to 8 Prior Encoder-Decoder도 100%의 학습 성공률을 보이며, 학습이 성공한 경우에는 학습한 패턴과 동일한 정발화 및 역발화 패턴을 보였다.

그러나 5 X 5 Char Recognition은 95%의 학습 성공률을 보이며 수렴하였지만 실제로 역발화한 결과, 문자 이미지에 잡음이 발견되었다. 이것은 위에서 언급한 오차 평가 함수의 평균화 오류이며, 이를 해결하기 위해 제시한 최대 오차 평가 함수를 이용하였고, Hard Limit를 Threshold 함수를 사용했을 경우를 고려하여 오차율을 0.5로 설정, 다시 100회 실험한 결과, 95%의 학습 성공률을 보이며 수렴하였고, 역발화 시 문자 이미지 또한 역발화 패턴과 동일한 패턴을 역발화 하였다. 양방향 역전파 신경회로망은 3가지 문제 모두 학습하였고, 적절한 오차 함수 사용 시, 양방향으로 올바른 추상화 및 연상이 가능하였다.

3. 결 론

양방향 역전파 신경회로망은 비록 저장 능력을 높이기 위한 은닉층 노드의 개수 및 양방향 연상을 위한 계산 복잡도, 학습율 등 매개 변수의 영향력이 커져 수렴 조건의 엄격함 등이 높아지지만, 역전파 신경회로망과 동일한 구조로 연결가중치의 증가 등 변형 없이, 발화를 역으로 해석한 역발화와 검증된 역전파 알고리즘을 적용한 역발화 학습 등을 통해 양방향으로 추상화 및 대표 패턴으로의 연상이 가능하였다. 또한 추상화를 위한 정발화 패턴 및 연상을 위한 역발화 패턴, 모두를 저장할 수 있어 저장 효율을 높였으며, 비선형 문제 및 규모가 크고 복잡한 문제도 해결 가능하였다. Feed Forward 방식으로 출력까지의 소요시간이 결정적이었고, 잡음 저항력은 역전파 신경회로망과 같은 수준이었다.

본 연구는 기존의 양방향 연상 메모리의 양방향 연상 기능과 역전파 신경회로망의 구조, 학습 방법, 성능의 장점을 혼합하여 각각의 신경회로망의 단점을 보완할 수 있는 양방향 역전파 신경회로망을 제안하고 그 가능성을 확인하는데 의의가 있다 하겠다. 양방향 역전파 신경회로망에 대해 다양한 논의와 구체적인 검증, 여러 분야에 걸친 실제적인 활용을 추후 연구과제로 기대한다.