

적용 뉴로-퍼지 필터를 이용한 비선형 채널 등화

Nonlinear Channel Equalization Using Adaptive Neuro-Fuzzy Filter

김 승 석, 궤 근 창*, 김 성 수**, 전 병 석*, 유 정 용*

* 충북대학교 전기공학과(Tel : 043-261-2422; E-mail: kckwak@power.chungbuk.ac.kr)

** 우석대학교 전기공학과(Tel : 063-290-1477; E-mail: sskim@core.woosuk.ac.kr)

Abstract : In this paper, an adaptive neuro-fuzzy filter using the conditional fuzzy c-means(CFCM) methods is proposed. Usually, the number of fuzzy rules exponentially increases by applying the grid partitioning of the input space, in conventional adaptive neuro-fuzzy inference system(ANFIS) approaches. In order to solve this problem, CFCM method is adopted to render the clusters which represent the given input and output data. Parameter identification is performed by hybrid learning using back-propagation algorithm and total least square(TLS) method. Finally, we applied the proposed method to the nonlinear channel equalization problem and obtained a better performance than previous works.

Keywords : adaptive neuro-fuzzy filter, nonlinear channel equalization, conditional fuzzy c-means(CFCM) total least square(TLS), adaptive neuro-fuzzy inference system(ANFIS)

1. 서론

적용 필터링은 제어, 영상인식, 통신과 같은 여러 다른 분야에서 널리 성공을 이루고 있다[1]. 다양한 적용 필터 가운데 적용 선형 필터(adaptive linear filter)는 저 비용 하드웨어 제작, 수렴성, 전역적인 최소점, 학습 알고리즘과 같은 특성으로 인해 가장 널리 사용되어진 필터 중에 하나이며 쉽게 분석되어지고 유도되어질 수 있다. 적용 선형 필터는 많은 응용에서 큰 성과를 이루고 있지만, 비선형 현상이 나타날 경우에는 선형 필터의 성능이 나빠지므로 비선형 필터의 발전이 필연적이다.

비선형 채널 등화는 고속 모델과 같은 채널을 통한 고속 데이터 전송에서 불완전한 현상을 다루기 위해 사용되어진 기술이다. Gibson[2]은 다층 퍼셉트론에 근거한 비선형 등화기 구조를 소개하였다. 다층 퍼셉트론 등화기의 학습은 역전파 알고리즘으로 알려진 최대 강하법에 근거하고 있다. 그러나 학습 시간이 길고, 학습률과 초기 가중치의 설정이 어려우며, 극소적인 최소점에 빠질 우려도 있다. 또한 Chen[3]은 방사기저함수(Radial Basis Function)를 이용하여 이전의 논문인 다층 퍼셉트론 등화기보다 우수한 성능을 보이지만, 은닉층의 수와 초기 학습률의 문제점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 신경회로망과 인간의 사고과정에 포함된 애매함이나 불확실성을 극복하고 추론을 해내는 근사추론 능력을 모사하는 if-then퍼지 규칙을 융합한 적용 뉴로-퍼지 필터가 제안되어져 왔었다[4][5].

이러한 적용 뉴로-퍼지 필터는 우수한 성능을 보이고 있으나, 퍼지 규칙을 생성함에 있어서, 출력패턴의 성질을 고려하지 않고 입력 데이터에 의해 퍼지 규칙을 생성하기 때문에 데이터 사이의 유사성에 문제점이 발생할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 입력데이터의 성질과 출력패턴의 성질까지도 고려한 스캐터 분할에 근거

한 퍼지 클러스터링 기법 가운데 하나인 CFCM(Conditional Fuzzy c-means)[6][7]을 이용하여 Jang[8]에 의해 제안된 적용 뉴로-퍼지 시스템(Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)을 구축하여 새로운 적용 뉴로-퍼지 필터로서 사용되어진다. 여기서, 파라미터 동정(Parameter Identification)은 역전파 알고리즘(Back Propagation)과 시스템의 모델링에 있어서의 오차까지 고려한 완전최소자승법인 TLS(Total Least Square)[9]를 이용하여 수행되어진다. 이렇게 제안된 뉴로-퍼지 필터는 비선형 채널 등화 문제에 적용하여 제안된 방법이 이전의 연구보다 좋은 결과를 보이고자 한다.

2. 제안된 적용 뉴로-퍼지 필터

2.1 구조 동정

이번 절에서는 CFCM을 이용한 ANFIS에서의 퍼지 규칙생성에 관련된 구조동정에 대하여 다루고자 한다. 먼저, CFCM은 Pedrycz [6]에 의해 제안된 방법으로 입력공간에서의 데이터뿐만 아니라, 출력변수의 유사성에 관련된 패턴들의 동질성을 유지하도록 클러스터를 생성하는 퍼지 클러스터링 기법이다. CFCM으로 얻어진 클러스터는 기존의 클러스터링에 의해 얻어진 클러스터보다 각각의 클러스터가 포함하는 데이터 사이의 유사성이 훨씬 좋아진다. CFCM에 대해 간략히 기술하면 다음과 같다.

[단계 1] $m(1 < m < \infty)$ 과 클러스터의 수 $c(2 \leq c \leq n)$ 를 설정한다.

[단계 2] 초기 분할 행렬 $U^{(0)}$ 와 역치 ϵ 를 설정하고 반복 지수 0에서 p 까지 정한다. 여기서 $U = [u_{ij}]_{i=1..c, j=1..m}$

[단계 3] $U^{(0)}$ 와 식(1)을 이용하여 각각의 클러스터 중심 $c_i^{(p)}$