

블록 프로세싱 기법을 이용한  
주파수 영역에서의  
회귀 최소 자승 알고리즘

Frequency-Domain RLS Algorithm  
Based on the Block Processing Technique

°박 부 건\*, 김 동 규\*\*, 박 원 석\*\*\*

\* 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부(Tel : 81-054-279-2238; E-mail:ppg@postech.ac.kr)

\*\* 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부(Tel : 81-054-279-2238; E-mail:ppg@postech.ac.kr)

\*\*\* (주)한화/정보통신 이동통신기기 연구소 (Tel : 81-02-589-5738; E-mail:wspark@dmc.htc.hanwha.co.kr)

**Abstract** : This paper presents two algorithms based on the concept of the frequency domain adaptive filter(FDAF). First, the frequency domain recursive least squares(FRLS) algorithm with the overlap-save filtering technique is introduced. This minimizes the sum of exponentially weighted square errors in the frequency domain. To eliminate discrepancies between the linear convolution and the circular convolution, the overlap-save method is utilized. Second, the sliding method of data blocks is studied to overcome processing delays and complexity loads of the FRLS algorithm. The size of the extended data block is twice as long as the filter tap length. It is possible to slide the data block variously by the adjustable hopping index. By selecting the hopping index appropriately, we can take a trade-off between the convergence rate and the computational complexity. When the input signal is highly correlated and the length of the target FIR filter is huge, the FRLS algorithm based on the block processing technique has good performances in the convergence rate and the computational complexity.

**Keywords** : Adaptive Filter, FRLS, Block Processing

1. 서론

많은 적응 필터링 알고리즘 중 LMS(least mean square), NLMS(normalized LMS) 알고리즘은 가장 널리 쓰이지만 일반적으로 매우 느린 수렴특성을 가지는 단점이 있다. 이에 반해 RLS(recursive least square) 알고리즘은 입력 신호의 통계치에 거의 영향을 받지 않고 우수한 수렴 특성을 갖지만, LMS 알고리즘에 비하여 많은 계산상의 복잡성을 가지는 단점이 있다[2]. 계산의 효율을 높이기 위한 접근방법으로써 블록 디지털 필터링(block digital filtering)에 대한 연구가 있는데 그 중 BLMS 알고리즘은 데이터를 블록으로 처리하기 때문에 병렬 프로세싱의 효율을 높일 수 있으며, FFT(fast fourier transform)를 이용하여 알고리즘의 고속 구현이 가능하다. FFT를 이용한 또다른 알고리즘 중에 FDAF(frequency-domain adaptive filtering) 알고리즘[1]은 필터의 입출력 데이터를 블록 단위로 프로세싱하므로 필터 탭의 길이가 긴 경우에 있어서 기존의 LMS 알고리즘보다 계산량이 적게 요구된다. 이 알고리즘은 각 주파수 성분들의 전력 스펙트럼에 대하여 역비례한 스텝 크기(step size)를 사용하여 알고리즘의 전체적인 수렴 속도를 빠르게 한다. 하지만 블록 단위로 처리되므로 프로세싱 지연, 추적 성능(tracking capability)이 나쁘다는 단점이 있다.

본 논문에서는 시간영역 RLS 알고리즘의 개념을 도입하여 주파수 영역에서의 가중치들 둔 자승 오차의 합(the sum of weighted square errors)을 성능 함수로 구성함으로써 주파수 영역에서의 탭 가중치 갱신 방정식을 유도하고 선형 상승적분과 주기적 상승적분의 차이를 없애기 위하여 overlap-save 방

법을 이용하여 FRLS(frequency-domain RLS) 알고리즘을 개발하였다. 또한, FRLS 알고리즘의 프로세싱 지연을 줄이기 위한 방법으로 확장된 데이터 블록(extended data block)을 가변적으로 이동시키으로써 수렴 속도와 계산량 간의 적절한 상호절충(trade-off)을 이룰 수 있게 하는 블록 프로세싱(block processing)기법에 대하여 연구하였다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2절에서는 문제설정에 관하여 다루고, 3절에서는 FRLS 알고리즘의 유도 및 그 특성 및 데이터 블록 설정 기법에 대한 설명 및 유도된 알고리즘과 다른 알고리즘과의 계산량을 비교하였고, 4절에서는 본 알고리즘의 수렴 특성을 평가하기 위하여 시스템 식별과 채널 등화 문제에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 및 결론으로 구성되어 있다.

2. 문제 설정

본 논문에서 다루고자 하는 시스템은 그림 2.1과 같은 적응 FIR 필터이다. 미지의 시스템은  $w^o = [w^o_0, w^o_1, \dots, w^o_{N-1}]^T$ 를 계수로써 갖는 FIR(finite impulse response) 필터로써 모델되었다고 가정한다. 여기에서  $N$ 은 필터의 탭 길이를 나타낸다. 이때 FIR ADF의 입력 신호와 출력 신호는 다음과 같은 상승적분을 만족한다.

$$y(n) = \sum_{l=0}^{N-1} w(n-l)x(l) \quad (2.1)$$

여기에서  $w(n)$ ,  $x(n)$ ,  $y(n)$ ,  $d(n)$ ,  $e(n)$ 은 각각 FIR ADF의 임펄스 응답, 입력 신호, FIR ADF의 출력 신호, 미지 시스템의 원하는 출력 신호, 원하는 출력 신호와 FIR ADF의