

진폭 분할 등화기를 이용한 시변 다중 채널의 등화

장은영* · 이성신* · 변건식*

*동아대학교

Equalisation of Time Variant Channels Using Amplitude Banded Equaliser

Eun-young Jang* · Sung-sin Lee* · Kun-sik Byon*

*Dong-a University

E-mail : eyjang@donga.ac.kr

요 약

빠른 시변 채널의 추정을 목적으로 새로운 적응 알고리즘, 진폭분할 LMS (ABLMS :Amplitude Banded Least Mean Square)를 제안한다. 진폭분할 LMS 알고리즘은 갱신되어야할 계수 선택이 비선형이기 때문에 우수한 추적특성을 유지하지 못한다.

이러한 문제점을 보완하기 위해 ABLMS 알고리즘을 발전시켜 LTE(Linear Transversal Equaliser)와 DFE(Decision Feedback Equaliser)로 병렬 필터를 구성하여 ABLMS 알고리즘의 비선형성에 의해 나빠지는 수렴특성을 보정한다.

ABSTRACT

For the purpose of equalisation of rapidly time variant channels, We derive a novel adaptive algorithm the amplitude Banded LMS(ABLMS), which implements a non-linear adaptation based on a coefficient matrix.

Then we develop the ABLMS algorithm as the adaptation procedure for a linear transversal equaliser(LTE) and a decision feedback equaliser(DFE) where a parallel adaption scheme is deployed.

키워드

시변채널, LMS알고리즘, 진폭분할기술

1. 서 론

통신 채널을 통과하는 데이터 전송은 다중 경로와 빠른 시간 변화의 비 이상적 채널의 특성 때문에 신호의 손상이 일어난다. 시변 채널을 등화하는 경우에는, 시간과 동시에 빠르게 변하는 통신로 특성을 보정하는 등화기가 필요하다. 이를 위하여 시간과 동시에 변하는 적응 알고리즘을 등화기의 계수 변경에 사용해야한다.[1][2] 그러나 이런 적응 알고리즘은 거의 없고, 많은 경우 Least Mean Squar(LMS)나 Recursive Least Squar(RLS)등을 사용하고 있다. LMS와 RLS등의 적응 알고리즘은 신호의 시불변성을 가정한 알고리즘이다. 따라서 신호의 성질이 시간 변화가 없는 경우에는 문제가 없지만 신호가 시변성을 가지는 경우에 그 적용범위는 한정된다.

본 논문에서는 통신로를 등화하는 기존의 LMS 알고리즘에 진폭분할기술을 적용하여 계수 행렬을 비선형적으로 갱신하는 알고리즘과 기존의 Linear Transversal Equaliser(LTE)와 결합한 적응알고리즘을 LMS알고리즘과 병렬 결합한 병렬필터를 제시한다.[3][5]

시변 통신로를 통과한 수신신호는

$$x_k = \sum_{i=0}^{L-1} h_{i(k)} u_{k-i} + n_k \quad (1)$$

이다.

여기서 u_k 는 송신신호,

$h_0(k), h_1(k), \dots, h_{L-1}(k)$ 는 채널의 임펄스 응답이고 n_k 는 백색 가우시안 잡음이다.

II. 정규화 LMS 알고리즘

LMS알고리즘은 고정된 스텝 크기를 이용하여 계수 벡터를 갱신한다. 그러나 고정된 스텝 크기를 사용하면, 입력 신호에 시변성이 있는 경우 어떤 시간대에서는 입력 신호의 조건이 좋게 되고, 어떤 시간대에는 입력 신호의 조건이 나쁘게 되는 것을 쉽게 예상할 수 있다. 시간과 동시에 변화하는 입력 신호를 이용해서 스텝크기를 가변하는 방법이 정규화 LMS방법이다.[4]

NLMS알고리즘의 계수벡터 갱신은 식(2)이다.

$$c(k+1) = c(k) + \frac{\mu}{\beta + x(k)^T x(k)} x(k) \epsilon_k \quad (2)$$

여기서 $x(k)$ 는 입력 벡터, ϵ_k 는 출력 에러 μ, β 는 수렴 특성을 좌우하는 정수이다.

$$c(k) = \begin{bmatrix} c_0(k) \\ c_1(k) \\ \vdots \\ c_M(k) \end{bmatrix}, \quad x(k) = \begin{bmatrix} x(k) \\ x(k-1) \\ \vdots \\ x(k-M) \end{bmatrix} \text{이다.}$$

가변 스텝 크기 $\mu' = \frac{\mu}{\beta + x(k)^T x(k)}$ 는 시변입력 신호 $x(k)$ 에 따라 변하고 진폭이 작을 때에는 크게 되며, 입력 신호의 진폭이 클 때에는 작게된다. 이는 입력 신호의 변동을 추정하는데 적합하며 LMS보다 시변 통신로 등화에 적합한 적응 알고리즘이다.

III. 진폭분할 LMS 알고리즘

정규화 LMS에 수신 신호의 진폭 분할의 원리를 적용하는 것으로 통신로 특성이 받는 시변성을 경감하기 위한 일종의 개량 LMS알고리즘이다. 필터 길이 $M+1$ 의 선형 FIR 등화기의 계수 갱신을 위해, Q 행 $M+1$ 열의 계수 행렬 $C_a(k)$ 을 준비한다. 이 계수 행렬의 각 요소는 $c_{ij}(k), i=0,1,2, \dots, Q-1, j=0,1,2, \dots, M$ 이다. $C_a(k)$ 은 $n=0$ 에서 영 행렬, 즉 요소가 모두 0값으로 설정된다. 그리고, 적응 처리에서는, 각 n 시각에서, $C_a(k)$ 중 몇 개의 요소가 선택되어 갱신된다.

$$c_a(k) = \begin{bmatrix} c_{a(0)0}(k) \\ c_{a(1)1}(k) \\ \vdots \\ c_{a(M)M}(k) \end{bmatrix} \quad (3)$$

이다. 여기서, $q(j)$ 는 입력 벡터 $x(k)$ 의 각 요소 $x(k-j)$ 에서, $j=0,1,2, \dots, M$ 에서 다음과 같이 구해지는 정수 값이다.

- $|u(n-j)| \leq A_{\max}/Q$ 이면, $q(j)=0$ 이다.
- $A_{\max}/Q < |u(n-j)| \leq 2A_{\max}/Q$ 이면, $q(j)=1$ 이다.
- $2A_{\max}/Q < |u(n-j)| \leq 3A_{\max}/Q$ 이면, $q(j)=2$ 이다.
- ⋮
- $(Q-1)A_{\max}/Q < |u(n-j)|$ 이면, $q(j)=Q-1$ 이다.

A_{\max} 는 수신 신호의 최대 진폭치로 등화기가 실행되기 전에 사전에 구해져야하며, Q 는 수신 신호의 진폭 레벨을 분할하는 수이다.

그러나 ABLMS는 계수 선택의 비선형성 때문에 우수한 추적 특성이 유지되지 못한다. 이러한 수렴특성을 해결하기 위하여 진폭분할 LMS와 정규화 LMS 알고리즘을 동시에 사용하는 그림 1과 같은 병렬 필터를 구성한다.

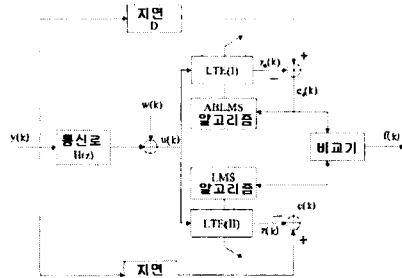


그림 1. ABLMS - NLMS의 병렬필터

비교기는 만약 $e_a(k)^2 \leq e_b(k)^2$ 이면, $f(k) = e_a(k)$ 으로 하고, 그렇지 않으면 $f(k) = e_b(k)$ 으로 한다. 이 결과에 기초하여, 이 병렬 등화기는, $f(k) = e_a(k)$ 일 때 $z_a(k)$ 을 출력으로 해서 주고, $f(k) = e_b(k)$ 일 때 $z_b(k)$ 을 출력으로 해서 준다.

이와 같이, 2개의 등화기를 병렬로 이용하는 것에 의해, 진폭 분할 LMS 알고리즘은, 우수한 MSE 특성을 줄 가능성이 있으며, 정규화 LMS 알고리즘보다 나쁜 특성은 출력되지 않기 때문에, 이 병렬 필터 구성에서는 반드시 정규화 LMS 알고리즘보다는 우수한 수렴 특성을 주게 된다

IV. 시뮬레이션 및 결과

채널의 전달함수는 식 (4)와 같다.

$$H(n) = 1 + \sin\left(\frac{2\pi}{T} n\right) z^{-1} \quad (4)$$

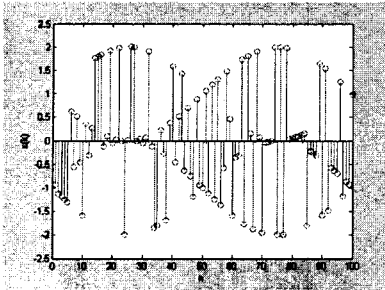


그림 2. 통신로를 통과한 출력

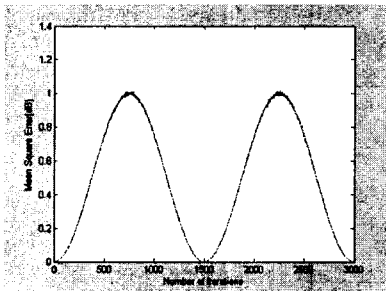


그림 3. 채널의 MSE특성

그림 2는 +1과 -1의 값을 가진 램덤신호가 식(4)의 채널을 통과한 출력 신호이다. 그림 3은 통신로의 MSE특성이다.

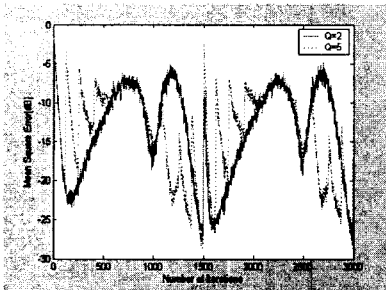


그림 4. ABLMS 알고리즘의 Q값에 따른 MSE 특성 비교

그림 4는 진폭분할 LMS알고리즘에서 진폭의 레벨 Q값의 변화에 따른 MSE의 특성곡선으로 LMS 알고리즘의 스텝은 0.3, 등화기의 차수는 5, 수신신호의 최대 진폭 A_{max} 는 2, 데이터의 수는 3000개로 하여 100회의 독립시행으로 얻은 MSE특성의 평균이다. 레벨의 수를 2로 했을 때보다 레벨 수를 6으로 했을 때 성능이 나빠짐을 알 수 있다.

그림 5는 그림 4와 같은 시뮬레이션 조건에 ABLMS와 NLMS 병렬필터 알고리즘을 사용하였다. 레벨의 수가 증가할 때 더 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

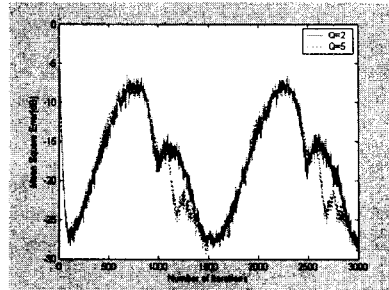


그림 5. ABLMS-NLMS병렬필터 알고리즘의 Q값에 따른 MSE 특성비교

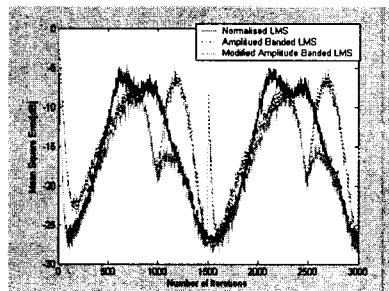


그림 6. NLMS, ABLMS, 병렬필터 알고리즘의 MSE특성 비교

그림 6은 그림 4와 같은 시뮬레이션 조건에 진폭의 레벨 Q값을 2로 하였다. ABLMS- NLMS 알고리즘의 병렬필터가 가장 우수한 특성을 가짐을 알 수 있다. $n=500\sim 100$, $n=2000\sim 2600$ 에서는 ABLMS가 NLMS보다 우수한 추적 특성을 가졌다.

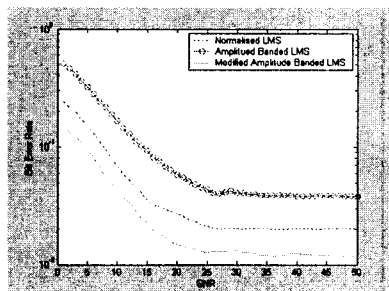


그림 7. NLMS, ABLMS, 병렬필터 알고리즘의 SNR비 변화에 따른 BER 특성 비교

그림7은 SNR비의 변화에 따른 BER특성으로 ABLMS-NLMS 병렬필터가 가장 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 빠르게 변하는 시변 통신로 등화

를 위하여 새로운 적응 알고리즘을 제시하고 각 알고리즘의 성능을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 기존의 고정 스텝을 사용하는 것이 아니라 시간에 따라 들어오는 수신 신호에 따라 스텝의 크기를 조정하고 수신신호의 진폭을 분할함으로써 시간에 따라 변하는 채널을 등화 하였다.

진폭분할 LMS, 정규화 LMS 와 진폭분할 LMS 와 정규화 LMS를 병렬로 연결한 병렬 필터 중 병렬 필터가 가장 우수한 추적 특성과 MSE의 특성을 가진다. 진폭분할의 레벨수를 조정함으로써 ABLMS 알고리즘은 계수선택의 비선형 때문에 우수한 추적 특성을 유지할 수 없다. 그러므로 ABLMS알고리즘은 다른 알고리즘과 병렬 필터를 구성할 때 좋은 성능을 나타낸다.

앞으로는 본 논문을 바탕으로 ABLMS와 RLS, DFE, 사전 필터링 등 다른 알고리즘과 병렬 필터를 구성하여 성능을 더욱 개선하고 여러 가지 시변 통신로의 모델링에 대해 연구를 계속해 나갈 계획이다.

참고 문헌

- [1] S.U.H Qureshi, "Adaptive equalisation", Proc. IEEE, vol.73, no.9, pp.1349-1387, 1985
- [2] E.Eldftheriou and D.D. Falconer, "Adaptive equalisation techniques for HF channels", IEEE Trans. Communication, vol.SAC-5, no.2, pp.238-247, 1987
- [3] S. Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1991
- [4] D.T.M. Slock and T.Kailath, "Fast transversal RLS algorithms", in Adaptive System Identification and Signal Processing Algorithms, eds. N. Kalouptsidis and S. Theodoridis, Prentice Hall, 1993
- [5] T.Shimamura and C.F.N. Cowan, "Equalisation of time-variant communications channels via channel estimation based approaches", Signal Processing, vol.60, no.2, pp. 181-193, 1997
- [6] O. Macchi, "Adaptive Processing: The Least mean Squares Approach with Applications in Transmission", John Wiley and Sons, 1995