가중치 이동 평균을 이용한 개선된 변화 스텝 사이즈 LMS 알고리즘에 관한 연구

이상준*, 백종섭*, 홍영진**, 서종수*
연세대학교 전기전자공학과*, 성일텔레콤**
b4u76@dreamwiz.com*, blackgachi@yonsei.ac.kr*, yihong@sungiltel.com**, isseo@yonsei.ac.kr*

The Study for Modified Variable step size LMS Algorithm Using Weighted Moving-average

Sangjoon Lee*, Jongseob Baek*, Yungjin Hong**, Jongsoo Seo*
Department of Electrical and Electronic Eng., Yonsei University*, Sungil Telecom Co., Ltd.**

요 약

본 논문에서는 채널 추정 에러에 대해 가중치 이동 평균을 적용하여 스텝 사이즈를 변환하는 개선된 변환 스텝 사이즈 알고리즘을 제한하며, steady-state 상태에서 MSE(mean square error) 성능을 분석한다. 또한 Misadjustment 를 분석하며, 제안한 알고리즘에 대한 최적의 파라미터를 도출한다. 개선된 변환 스텝 사이즈 LMS 알고리즘은 특정한 구간 동안 추정된 에러에 대해 각기 다른 가중치를 부여하여 평균을 취한 후 스텝 사이즈를 보정, LMS 알고리즘을 동작시킨다. 에러에 대해 가중치를 부여하는 방법으로는 동일한 값, 증가 지수, 감소 지수 방법을 사용한다. 제안된 변환 스텝 사이즈 알고리즘은 기존의 고정 순간 에러 전력을 이용하여 스텝 사이즈를 변환하는 방법에 비해 빠른 수렴 속도를 보인다.

1. 서 론

고정 스텝 사이즈(Fixed step size : FSS) LMS(least mean square : LMS) 알고리즘은 연산량이 적고 강인한 추적(tracking) 성능을 가지므로 많은 연구가 이루어져 왔고, 많은 응용 분야에 적용되고 있다. 그러나 FSS LMS 알고리즘은 스텝 사이즈 크기가 클 경우 수렴 속도가 증가하는 반면 MSE(mean-square error)가 열화되며, 스텝 사이즈가 작아질 경우 MSE 는 성능이 좋아지나, 수렴 속도가 느려지는 단점이 있다[1]. 이러한 trade-off 를 해결하기 위해, 순간 에러 전력을 이용한 적응형 LMS 에 변환 스텝 사이즈(VS) 알고리즘이 제안되었다[2], [3], [4]. 즉, 추정 에러 전력을 이용하여, 에러가 크면 수렴 속도를 증가 시키기 위해 스텝 사이즈를 증가시키며, 에러가 감소하면 스텝 사이즈를 감소시켜 MSE 성능이 향상되도록 동작한다.

본 논문은 순간적인 에러 전력을 이용하는 기존의 방법과 달리, 에러 전력에 대해 가중치 이동 평균을 적용한 개선된 변환 스텝 사이즈 (MAVSS) 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 이전 에러의 길이 L 에 대해 평균을 통해 에러 분산을 예측하며, [2]보다 더욱 정확한 에러 추정을 수행한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 기존의 VS LMS 알고리즘에 대해 설명하며, 3 장에서는 제안하는 알고리즘에 대해 설명하고, steady-state 상태에서의 MSE 성능과 Misadjustment 를 수학적으로 분석한다. 4 장에서는 고정 스텝 사이즈 LMS 알고리즘과 기존 변환 스텝 사이즈 LMS 알고리즘을 제안한 알고리즘과 전산 모의 실험을 통해 비교 분석한다. 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 기존의 VS(Variable Step size) 알고리즘

VS LMS 알고리즘은 순간적인 에러 전력을 이용하여 스텝 사이즈를 변환 업데이트한다[2]. 적응형 필터 계수와 스텝 사이즈의 업데이트 식은 다음과 같다.

$$\hat{W}(n+1)=\hat{W}(n)+\mu(n)e(n)X(n) \tag{1}$$

$$\mu(n+1)=\alpha\mu(n)+\gamma e(n)^2 \tag{2}$$

여기서, $0\le\gamma<1$, $0\le\alpha<1$ 인 상수 변수이고, $X(n)$ 은 입력 신호이며, 에러 신호 $e(n)$ 와 요구 신호 $d(n)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$e(n)=d(n)-X^T(n)\hat{W}(n) \tag{3}$$
$$d(n)=X^T(n)W^*(n)+v(n)$$

여기서 $v(n)$은 평균이 0 인 가우시안 잡음이고 $W^*(n)$은 unknown 시스템의 최적화 계수(Optimum coefficient)이다. 식 (2)에서, $\mu(n+1)$ 은 조건 $\mu_{\min}<\mu(n+1)<\mu_{\max}$ 을 만족하고, 추정 에러의 전력에 따라 업데이트된다. 즉, 추정 에러가 클 경우에는 수렴 속도를 증가시키기 위해 스텝 사이즈를 증가시키고, 추정 에러 전력이 작을 경우에는 misadjustment 을 최소화 시키기 위해 스텝 사이즈를 감소시킨다. 위와 같이 순간 추정 에러 전력을 이용하는 방법은 에러의 전력을 이용해 채널 추정 상태를 판단하며 스텝 사이즈를 통해 채널 추정을 빠르게 하는 장점이 있다. 그러나 이와 같은 방법은 순간적인 에러 전력으로 정확한 채널 추정 상태를 알 수 없으므로 채널이 양호하지 못한 경우는 FSS 스텝 사이즈를 이용한 경우와 비슷한 성능을 지니는 단점이 있다.