

잡음에 강인하고 하드웨어 효율적인 최소 자승 채널 추정기

*김은찬, 박인철

한국과학기술원 전기 및 전자공학

e-mail : *engine@kaist.ac.kr*, *icpark@ee.kaist.ac.kr*

Robust and Hardware-Efficient Least Square Channel Estimator

*Eunchan Kim, Inchol Park

School of Electrical Engineering

KAIST

Abstract

In OFDM systems, each subchannel is assumed as narrow-band channel. The subchannels are simplified to one-tap channel estimation without time dispersion. Two well-known methods are least square(LS) estimation and minimum mean square error(MMSE) estimation. LS estimation is relatively simple but sensitive to the channel noise. MMSE estimation is robust to the noise but requires huge computations. In this paper, a new algorithm is proposed that is robust to the noise and hardware-efficient LS estimator based on IEEE 802.11a. The proposed algorithm has a 4.77dB Signal-to-Noise Ration(SNR) gain compared with the conventional LS estimator.

I. 서론

OFDM 시스템에서 채널 추정은 각 부반송파가 협대역 채널로 가정하므로 시간 분산이 없는 단일탭 채널의 추정으로 간략화된다. 채널을 추정하는 방법은 최소 자승 추정(LS)과 최소 평균 제곱 오차 추정(MMSE) 방법이 잘 알려져 있다.[1] 최소 자승 추정법은 구현하기 쉽다는 장점이 있으나 페이딩 채널에서 잡음에 민감하여 오차를 증가시키는 단점이 있다. 최소 평균 제곱 오차 추정법은 최소 자승 추정법보다 성능이 좋지만 구현하기 복잡하고 추정하기 위해서는 채널의 잡음 분산값과 채널의 자기 상관값(autocorrelation)을 알아

야하는 단점이 있다. 802.11a 같은 무선 랜 환경은 준정상상태(quasi-stationary) 채널임을 이용해 본 논문에서는 최소 자승 추정법을 변형하여 하드웨어의 변경을 최소화하고 연산량을 증가시키지 않으며 잡음에 강인한 추정방법을 제안한다. 제안된 방법은 기존의 최소자승 추정법, 최소 평균 제곱 오차 추정법과 비교하여 성능을 검증하였다.

II. 본론

2.1 최소 자승 추정법

OFDM의 채널은 다음과 같이 모델링된다.

$$y_n = h_n x_n + n_0 \quad (1)$$

식(1)에서 y_n 은 수신단에서 받아들인 n 번째 부반송파 신호이고 x_n 은 송신단에서 전송한 신호이고 n_0 는 채널에 추가된 잡음이다. 이 잡음은 AWGN으로 평균이 0, 분산이 σ^2 이다. 식(1)에서 h_n 을 구하는 것이 채널 추정이다. 이때 채널의 잡음을 무시한다면 h_n 은 식(2)로 계산될 수 있다.

$$h_n = y_n / x_n \quad (2)$$

위의 방법이 최소 자승 추정법이다. 이 방법은 잡음을 무시하고 구하기 때문에 잡음이 크게 영향을 미치는 채널에서는 그 성능이 떨어지게 된다. 802.11a에서는 프리앰블(preamble)을 통해 8개의 짧은 훈련심볼과 2개의 긴 훈련심볼을 전송한다. 이 2개의 긴 훈련심볼을 이용한다면 1개의 훈련심볼을 이용한 추정보다 3dB의 SNR 이득을 볼 수 있다.[2] 하지만 이 방법은 이전

채널 추정값을 저장해야 하므로 추가적인 메모리가 필요하다.

2.2 제안하는 방법

기존의 최소 자승 추정법에서 잡음을 줄이는 것이 성능을 향상시키는 방법이다. 무선랜 환경에서는 채널이 준정상상태라 가정하는데 이는 채널의 변화가 적다는 것을 의미한다. 이 채널의 잡음은 AWGN으로 가정하는데 AWGN은 그 값이 누적된다면 평균이 0인 특성으로 인해 0으로 수렴된다.

제안하는 방법은 이 채널의 노이즈를 줄이기 위해 재귀적 방법을 사용한다. 이전의 채널 추정값과 현재 추정된 채널값을 더하여 현재 채널값으로 저장한다. 그 결과, 이전까지 추정해왔던 채널값이 모두 현재의 채널값에 영향을 미치게 된다. $i-1$ 프레임의 채널값이 $h_{curr,i-1}$ 이라 하고 현재 훈련심볼을 이용해 추정한 채널을 h_{now} 라 하고 현재추정된 값이 저장되는 비율을 α 라 하면 저장되는 i 번째 채널값 $h_{curr,i}$ 는 다음과 같다.

$$h_{curr,i} = \alpha h_{now} + (1 - \alpha)h_{curr,i-1} \quad (3)$$

2.3 분산

제안한 방법에서 잡음은 0프레임에서 i 프레임까지의 AWGN이 결합된 확률변수로 볼 수 있다.

$$X = \sum_i \alpha_i X_i \quad (4)$$

이때의 분산은 식(5)와 같다.

$$\sigma_X^2 = \sum_i \alpha_i^2 \sigma_i^2 \quad (5)$$

식(5)에서 σ_i^2 는 동일한 값이므로 σ^2 로 대체되고 α_i 를 식(3)의 α 를 이용해 표현한다면 N 번째 프레임에서의 분산은 식(6)처럼 표현된다. 만일 α 가 1/2라면 $\sigma_{X,\infty}^2 = (1/3)\sigma^2$ 가 되고 이는 4.77dB의 SNR 이득이 된다.

$$\sigma_{X,N}^2 = \sum_{i=0}^{N-2} (1-\alpha)^2 \alpha^2 + (1-\alpha)^{2(N-2)} \alpha^2 \quad (6)$$

III. 실험

그림1은 식(6)에서 α 를 변화시켜가면서 프레임 수에 따라 평균 SNR이득이 변하는 그래프이다. 이 그래프에서 α 값이 0.5일 때 수렴시간이 빠른 것을 볼 수 있다. 또한 0.5 값은 하드웨어로 구현하기 간편하다. 이전에 저장되어 있는 값과 현재 추정된 값을 더해 쉬프트연산 후 저장하면 되므로 추가적인 하드웨어는 덧셈기 하나만 필요하게 된다.

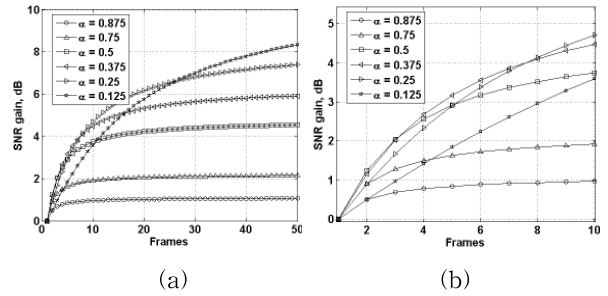


그림 1. α 값에 따른 평균 SNR 이득 (a) 최종수렴 이득 (b) 초기 10프레임 이득

이 값을 이용해 채널추정기를 설계하고 기존의 최소 자승 추정법, 2개의 훈련심볼을 이용한 최소자승 추정법, 그리고 최소 평균 제곱 오차 추정법과 비교하였다.

이론상으로 α 값이 0.5일 경우 4.77dB의 SNR이득이 있고 2개의 훈련심볼을 이용해 추정하는 방법은 3dB의 이득이 있다. 그림2의 (a)에서 볼 수 있듯이 제안된 추정방법이 기존의 최소 자승 추정방법보다 우수하다.

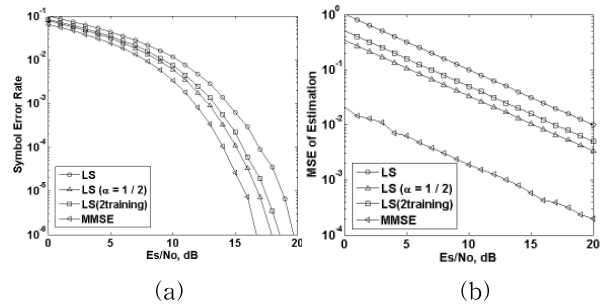


그림 2. (a) 심볼 추정오차율 (b)평균 제곱 오차

IV. 결론

본 논문에서 802.11a를 기반으로 재귀적 호출을 이용한 하드웨어 효율적인 채널 추정방법을 제안하였다. 제안된 방법은 잡음의 영향을 줄이며 추가적인 덧셈기만이 필요하다. 또한, 제안된 방법을 기존의 방법과 비교하여 성능이 우수함을 실험을 통해 확인하였다.

참고문헌

[1] J.-J. van de Beck, O. Edfors, M.Sandell, S. K. Wilson, P. O. Börjesson, "On Channel Estimation in OFDM Systems," IEEE Vehicular Technology Conference, pp.815-819, Chicago, USA, July 1995
 [2] V. Mignone, Av Morello, "CD3-OFDM: A Novel Demodulation Scheme for Fixed and Mobile Receivers," IEEE Trans. on Communications, Vol.44, No.9, pp.1144-1151, September 1996