

시불변 채널 환경에서의 블라인드 채널 추정

이광석, 김현덕

경남과학기술대학교

Blind Channel Estimation Under the Time-Invariant Channel Environment

Gwang-seok Lee, Hyun-deok Kim

GyeongNam National University Of Science and Technology

E-mail : kslee@gntech.ac.kr

요 약

본 연구에서, 우리는 상호신호 간 간섭 및 부가적인 백색 가우시안 잡음이 존재하는 디지털 펄스 폭 변조 시퀀스에 대하여 추정하는 적응 최우 추정 채널로써 회귀 최소 자승 알고리즘을 유도하였으며 회귀 최소 자승 알고리즘은 기존의 최소자승 알고리즘보다 수렴특성이 더 좋음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this research, We derived Recursive Least Squares(RLS) algorithm with adaptive maximum-likelihood channel estimate for digital pulse amplitude modulated sequence in the presence of intersymbol interference and additive white Gaussian noise. RLS algorithms have better convergence characteristics than conventional algorithms, LMS (Least Mean Squares) algorithms.

키워드

최우추정법, 최소자승 알고리즘, 회귀 최소자승 알고리즘, 채널 수렴특성

I. 서 론

무선 이동 통신 채널은 시변 채널로 채널 추정에 있어 수렴 속도가 중요하다고 할 수 가 있다.

본 연구에서는 일단 시불변 채널이라는 환경하에서 보다 빠른 수렴 특성을 구현하기 위해 기존의 LMS 채널 추정 기법에서 RLS 채널 추정 기법을 제안하고자 한다.

본 연구에서는 Forney의 adaptive Maximum likelihood 수신기 구조에 RLS 알고리즘을 채널 추정 기법으로 결합시켜 Magee와 Proakis의[1] LMS 채널 추정 기법과의 수렴 특성을 비교해 보고자 한다[1][2].

본 논문의 구성은 제2절에서 전반적인 시스템 구조를 기술하고 제3절에서는 본 논문에서 채널

추정기로 제안된 RLS 알고리즘을 설명한다. 제4절에서 시뮬레이션 실험과 결과를 제시하고 제안된 알고리즘의 성능을 확인하며 마지막으로 제5절에서 결론을 맺고 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

II. 통신채널모델

디지털 통신 채널 모델은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 채널 tap gains w_k 는 선형 시불변이고 수신기에 알려지지 않은 상태이다. 입력 정보 시퀀스가 채널을 통과한 후 여기에 백색 가우시안 잡음이 더해지는데 다음과 같은 식으로 나타

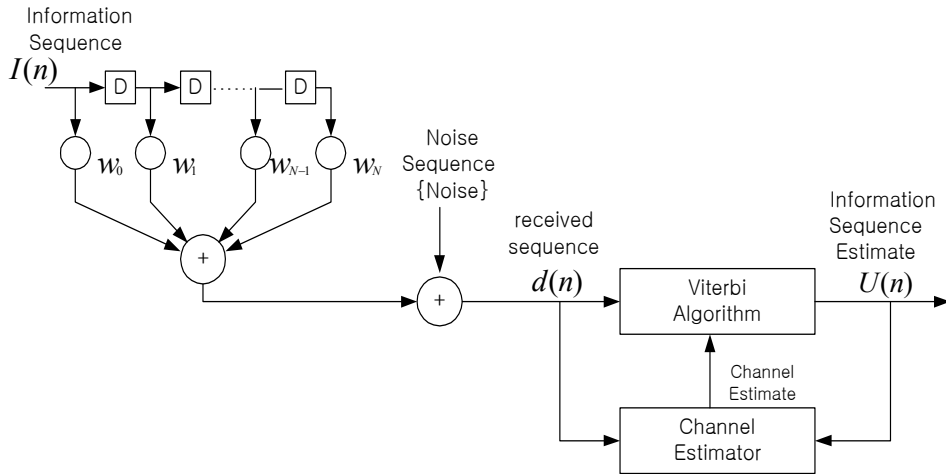


그림 1. 디지털 통신채널 모델 및 적응 최우추정 수신기

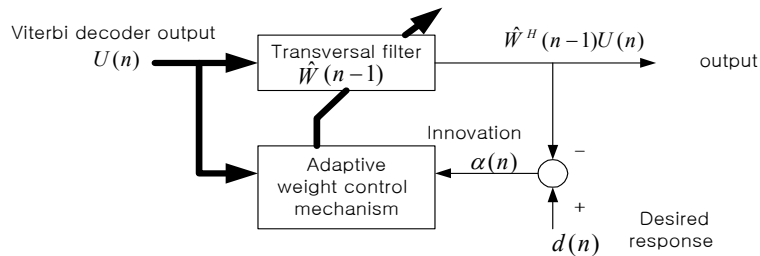


그림 2. RLS 채널 추정기

낼 수 있다.

$$d(n) = \sum_{j=0}^{N-1} w_j I(n-j) + \text{Noise} \quad (1)$$

여기서 잡음과 입력 정보 시퀀스는 상관관계가 없다고 가정한다. Viterbi 알고리즘은 수신기 구조에서 maximum likelihood 복호 방법으로 중요한 부분이다[3-6]. 백색 가우시안 잡음인 경우 Viterbi 알고리즘은 채널 계수 값을 알아야 한다. Magee와 Proakis는 채널 추정 기법으로 LMS 알고리즘을 이용하였는데 본 연구에서는 LMS 알고리즘 대신에 RLS 알고리즘을 적용하였다.

III. 채널추정기법

LMS 알고리즘은 통계적 평균 제곱오차가 최소화 되도록 필터의 계수를 반복적으로 찾아가는 적응 알고리즘이고 RLS 알고리즘은 시간 평균 제곱오차를 최소화시키도록 필터의 계수를

순환적으로 구하는 적응 알고리즘이다. LMS 알고리즘은 통계적 평균을 사용하므로 외란에 대하여 강인한 특성을 지니지만 정확한 기울기 벡터 대신에 그 추정치를 사용하므로 인해서 수렴 속도가 느려지거나 오 조정 값이 충분히 작게 되지 않을 수 가 있다. RLS 알고리즘은 매순간 식(2)을 만족하는 최적의 해를 구하게 되므로 수렴속도가 빠르게 되는 반면, 시간 평균을 사용하므로 구해지는 필터계수는 주어진 샘플 데이터에 대해서 최적이며 통계적인 최적치가 되지 않는다.

$$\epsilon_k = \sum_{i=1}^k e_i^2 \quad (2)$$

매개 변수 설정 :

- N = 필터의 차수 (필터 계수의 수)
- λ = 지수가중치요소, 하중 또는 망각인자
 $0 < \lambda \leq 1$
- δ = 양의 정수

초기화 :

$$W(0) = \begin{cases} center = 1 \\ others = 0 \end{cases}, P(0) = \delta^{-1} \cdot I$$

$$U(n) = [u(n), u(n-1), \dots, u(n-N+1)]^T \quad (3)$$

$$W(n) = [w_0(n), w_1(n), \dots, w_{N-1}(n)]^T \quad (4)$$

$$e(n) = d(n) - W^T(n)U(n) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \alpha(n) &= d(n) - U^T(n)W(n-1) \\ &= d(n) - W^T(n-1)U(n) \end{aligned} \quad (6)$$

$$K(n) = \frac{\lambda^{-1}P(n-1)U(n)}{1 + \lambda^{-1}U^T(n)P(n-1)U(n)} \quad (7)$$

$$W(n) = W(n-1) + K(n)\alpha(n) \quad (8)$$

$$P(n) = \lambda^{-1}P(n-1) - \lambda^{-1}K(n)U^T(n)P(n-1) \quad (9)$$

식(3)은 입력벡터이고 식(4)는 가중치 벡터이다. 식(5)는 사후 오차 신호이고 식(6)은 갱신식으로 사전 오차 신호이다. 사후 오차 신호와 사전 오차 신호의 차이는 계수 벡터로서 $W(n-1)$ 대신에 현재의 추정값 $W(n)$ 가 사용된다는 점이다. 식(7)은 이득벡터이고 식(8)은 가중치 갱신식이며 식(9)는 역상관을 나타낸다.

여기서 δ 의 값은 $\Phi(0) = P^{-1}(0) = \delta \cdot I$ 이 양한점(positive definite) 행렬이 되도록 정한다.

IV. 시뮬레이션 및 고찰

입력 정보 시퀀스는 같은 확률의 $\{-1, 1\}$ 로 구성하였고 블록 단위는 500으로 하였고 SNR은 7을 사용하였다. 채널로는 $[0.5 \ 0.7 \ 0.5]$ 와 $[0.33 \ 0.67 \ 1.0 \ 0.67 \ 0.33]$ 두 가지로 실험을 하였다. 채널 추정의 초기치로 가운데 tap은 1로, 나머지 tap들은 0으로 설정하였다.

LMS에서 스텝크기는 0.0048을 사용하였고 RLS에서는 $\delta=0.0048$, $\lambda=1$ 로 주었다. 그림 3과 그림 4는 각각 채널 $[0.5 \ 0.7 \ 0.5]$ 인 경우의 LMS의 수렴 특성과 RLS의 수렴 특성을 나타내고 있다. 그림 5와 그림 6은 각각 채널 $[0.33 \ 0.67 \ 1.0 \ 0.67 \ 0.33]$ 인 경우의 LMS와 RLS의 수렴 특성을 나타내고 있다. 수렴 속도 면에서 RLS가 LMS보다 훨씬 빠름을 알 수 있다.

그림 7은 채널 $[0.5 \ 0.7 \ 0.5]$ 인 경우 각각의 SNR 값에 대응되는 RLS 알고리즘의 에러 확률을 나타내고 있다. LMS 알고리즘의 경우, RLS 알고리즘과 에러 확률이 거의 비슷하게 나타났다. SNR 값이 클수록 잡음이 덜 섞여서 에러 확

률 특성이 좋게 나타남을 알 수 있다. 입력 시퀀스의 블록 길이는 500으로 하였고 전체 입력 시퀀스의 길이는 10^5 으로 하였다.

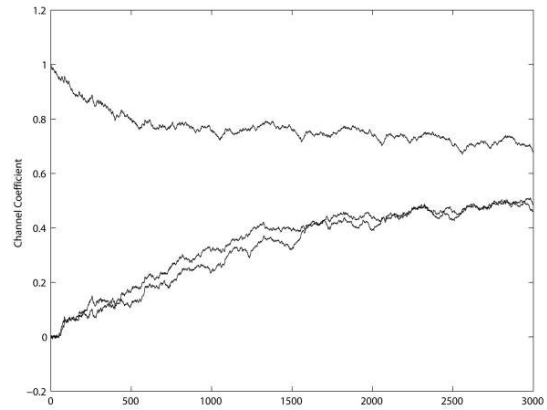


그림 3. $[0.5 \ 0.7 \ 0.5]$ 채널에서의 LMS 수렴 곡선

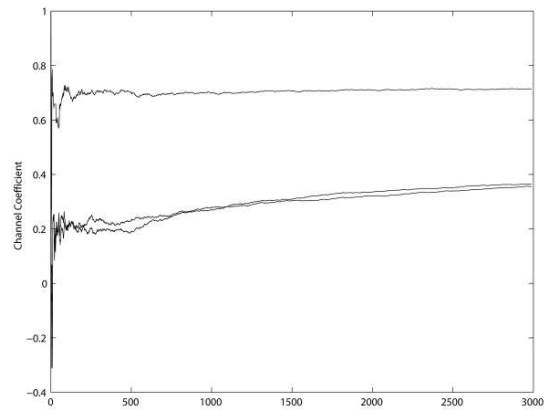


그림 4. $[0.5 \ 0.7 \ 0.5]$ 채널에서의 RLS 수렴 곡선

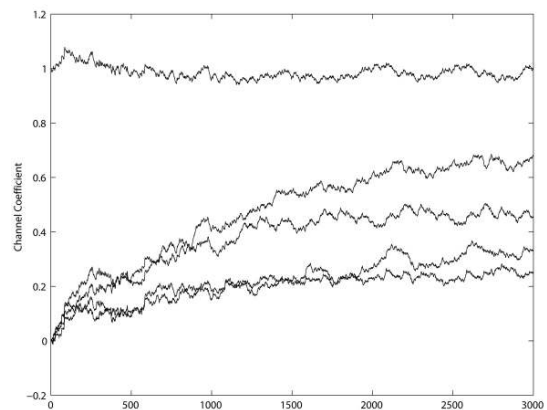


그림 5. $[0.33 \ 0.67 \ 1.0 \ 0.67 \ 0.33]$ 채널에서의 LMS 수렴 곡선

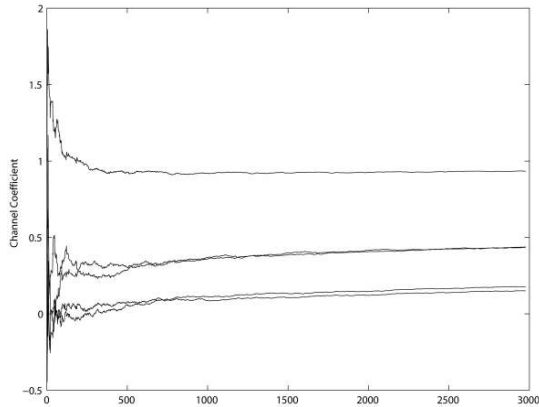


그림 6. [0.33 0.67 1.0 0.67 0.33] 채널에서의 RLS 수렴 곡선

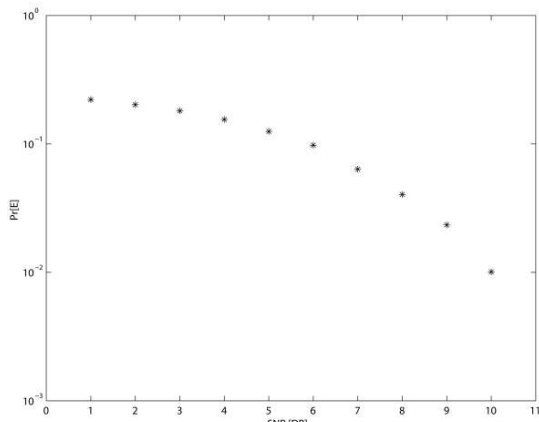


그림 7. [0.5 0.7 0.5] 채널에서의 각각의 SNR에 대한 RLS 에러 확률

IEEE Trans., on Information Theory, Vol. 18, No. 3, May 1972

[2] Francis R. Magee, Jr., And John G. Proakis "Adaptive Maximum-Likelihood Sequence Estimation for Digital Signaling in the Presence of Intersymbol Interference ", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 19, pp.120-124, Jan. 1973

[3] Z. Hossein and P. Subbarayan, "Robust and Improved Channel Estimation Algorithm for MIMO-OFDM Systems," IEEE Trans. Wireless. Communi., Vol.6, No.6, pp. 2006-2013, June 2006.

[4] G. Kang, Y. Yang, P. Zhang and Anja. Klein, "Pilot Design for Inter-Cell Interference Mitigation in MIMO OFDM Systems," IEEE Comm. Letters, Vol.11, No.3 pp.237-239, March 2007.

[5] D.C. Chu, "Polyphase Codes with Good Periodic Correlation Properties," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol.IT-18, pp.531-532, July 1972.

[6] I. Barhum, G. Leus, and M. Moonen, "Optimal Training Design for MIMO-OFDM Systems in Mobile Wireless Channels," IEEE Trans. Signal Processing, Vol.5, pp.1615-1624, June 2003.

[7] L. Thiele, M. Schellmann, S. Schiffermuller, V. Jungnickel and W. Zirwas "Multi-Cell Channel Estimation using Virtual Pilots," Vehicular Technology Conference, 2008. IEEE, Vol.5, No.5, pp.1211-1215, May 2008.

V. 결 론

RLS 알고리즘은 LMS 알고리즘에 비해 연산이 많이 필요해 계산 시간이 많이 걸리고 반올림 오차 등에 민감하게 되지만 수렴속도에 있어서는 LMS 알고리즘보다 많이 빠르고 대부분의 상황에서 수렴 속도가 같은 경우, 정상상태 오차가 LMS 알고리즘에 비해 작게 된다.

지금까지는 시간에 따라 채널의 특성이 변하지 않는 시불변 채널 모델에서 시뮬레이션을 하였으나 앞으로는 여기에 페이딩 현상을 가미한 시변 채널에 대해서도 채널 추정 기법을 적용할 예정으로 있다.

참고문헌

[1] G. David forney, Jr., "Maximum-Likelihood Sequence Estimation of Digital Sequences in the Presence of Intersymbol Interference",