

블라인드 채널에서 수신 신호 분석 기법을 사용한 변조 및 채널 상태 추정 알고리즘

최민환*, 남해운^o

A Modulation and Channel State Estimation Algorithm Using the Received Signal Analysis in the Blind Channel

Minhwan Choi*, Haewoon Nam^o

요약

본 논문에서는 송수신단 간 변조기법 및 채널 상태 값이 약속되지 않은 완벽한 블라인드 통신 상황에서 송신측의 변조방식을 알아내기 위해 성좌도 회전 및 확률밀도함수(probability density function : pdf)를 이용한 새로운 자율 변조 구분(Automatic modulation classification : AMC)기법과 경험적 신호 그룹화 알고리즘을 통해 채널 상태 값을 추정하는 방법을 제안한다. 평균제곱근 편차(Root mean square error : RMSE) 및 심볼 오류율(Symbol error rate : SER) 등의 모의실험을 통해 제안된 기법과 기존의 다른 기법간의 채널 상태와 변조 추정 능력을 비교 평가한다.

Key Words : Automatic modulation classification (AMC), Channel estimation, Symbol error rate(SER)

ABSTRACT

In this paper, we propose the heuristic signal grouping algorithm to estimate channel state value over full blind communication situation which means that there is no information about the modulation scheme and the channel state information between the transmitter and the receiver. Hereafter, using the constellation rotation method and the probability

density function(pdf) the modulation scheme is determined to perform automatic modulation classification(AMC). Furthermore, the modulation type and a channel state value estimation capability is evaluated by comparing the proposed scheme with other conventional techniques from the simulation results in terms of the symbol error rate(SER) and the root mean square error (RMSE).

I. 서론

전시상황에서 적의 신호를 획득하는 것은 매우 중요한 요소 기술 중 하나이다. 하지만 상대방이 비밀리에 통신을 하고 있는 상황에서 우리는 어떤 변조 방식을 사용하는지 알 수 없고 심지어 채널 상태 값 또한 예측할 수가 없다. 이와 같이 채널 상태 정보 피드백이 송수신단 간에 약속되지 않고 채널 정보를 전혀 모르는 열악한 환경을 블라인드 통신 상황이라 한다. 이 문제들을 극복하기 위한 채널 추정 기법이 많이 연구되고 있고¹⁻⁴, 수신된 신호를 기반으로 변조기법을 알아내는 AMC 방법 또한 많은 연구가 진행되고 있다⁵.

본 논문에서는 수신한 심볼들을 사용하여 pdf를 도출하고 나서 pdf 이용하여 누적분포함수(cumulative density function : CDF)를 유도한 뒤 CDF의 유사도를 비교하는 방법과 성좌도 회전 기법을 적용해서 변조 방법을 알아낸다. 다음으로 그룹화 평균을 계산하는 채널 상태 값 추정 알고리즘을 소개하고, 알아낸 채널 수치를 바탕으로 신호를 복원하는 알고리즘을 소개한다. 나아가 모의실험에서 채널 추정 오류 및 신호의 SER을 측정함으로써 블라인드 수신기의 실효성을 보인다.

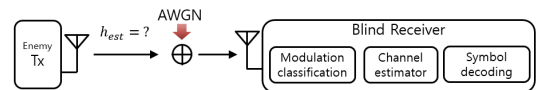


그림 1. 블라인드 수신기 시스템 모델
 Fig. 1. The system model of blind receiver.

II. 성좌도 회전 및 pdf 기반 변조 판단 기법

그림 2는 위상편이변조(phase shift keying : PSK)

* 이 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소의 재원에 의해 설립된 신호정보 특화연구센터 사업의 지원을 받아 수행되었음

^o First Author : Department of Electronic and Communication Engineering, Hanyang University, mhchoe@hanyang.ac.kr, 학생회원

Corresponding Author : Department of Electrical Engineering, Hanyang University, hnam@hanyang.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2016-10-301, Received Octoberber 10, 2016; Revised Octoberber 29, 2016; Accepted Octoberber 31, 2016

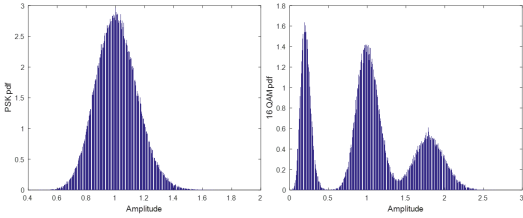


그림 2. M-PSK 계열 및 16QAM의 pdf분포도
Fig. 2. The pdf distributions of M-PSK and 16QAM.

방식 계통과 16진 직교진폭변조 (16 quadrature amplitude modulation : 16-QAM)의 pdf를 나타내고 있다. 그림 3은 수신된 신호의 pdf를 기반으로 그려진 CDF간의 최대거리 차(d_{max})를 비교해서 더 작은 쪽의 변조 기법을 선택하여 PSK계열인지 QAM계열인

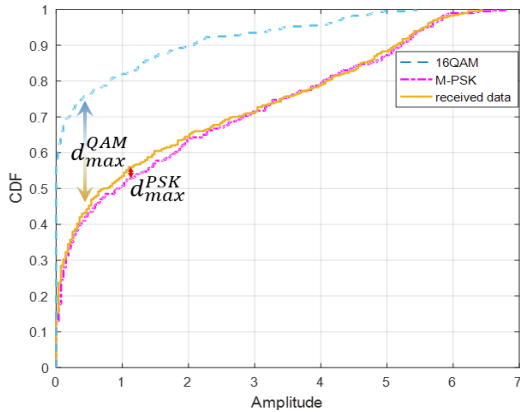


그림 3. M-PSK, 16QAM 및 수신 신호의 pdf 비교
Fig. 3. The comparison of pdf of the received signals with M-PSK and 16-QAM.

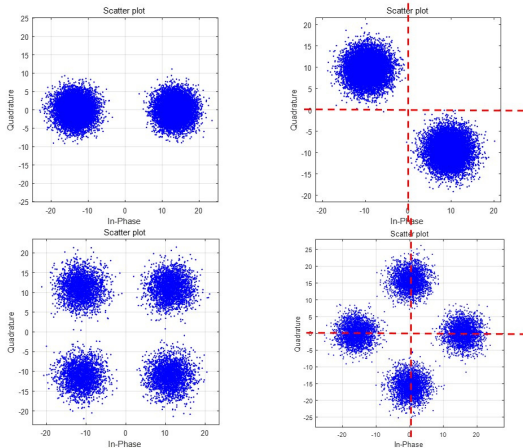


그림 4. 성좌도 회전 기법을 통한 변조방식 구분 기법
Fig. 4. Modulation classification method using constellation rotation technique.

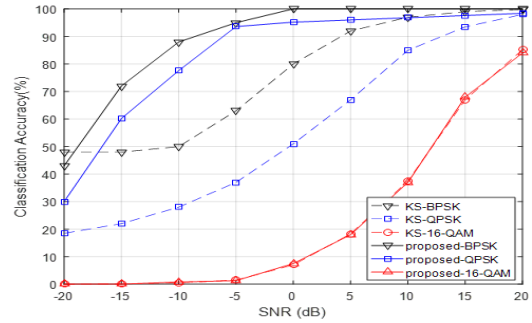


그림 5. 변조 기법 별 추정 정확한 구분 비율
Fig. 5. The modulation classification accuracy rate in various modulations.

지 구분한다. 다음으로 PSK계열 내부에서 4상 편이변조(Quadrature PSK : QPSK)방식인지 혹은 이진위상 편이변조(Binary PSK : BPSK)기법 인지를 구분하기 위해 그림 4에서 볼 수 있듯이 위상을 회전해 가면서 각 사분면의 심볼의 수를 세고 균등하게 신호가 고르게 퍼져 있으면 QPSK를 사용한 것이고, 특정 사분면에 편향되어 있는 경우에는 BPSK로 판단할 수 있다. 그림 5는 변조기법 추정 정확도를 나타내고 있으며, 기존의 Kolmogorov- Smirnov(KS) test방법^[5]대비 PSK기법은 추정률이 높고, 16-QAM 같은 경우에는 KS test와 비슷한 방법을 사용하다 보니 유사 성능을 보여준다.

III. 채널 추정

그림 6은 채널을 추정하는 알고리즘에 대해서 개략적인 모델을 나타내고 있다. 먼저 신호는 그림에서 표

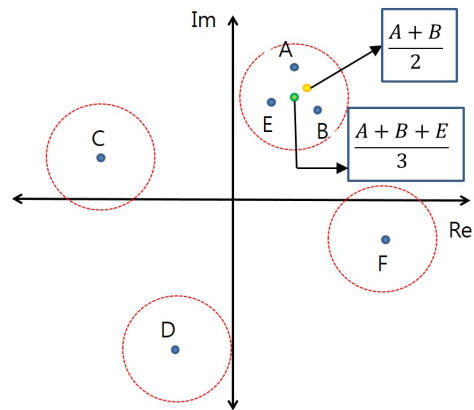


그림 6. 신호 그룹화 기반 채널 추정 기법
Fig. 6. Channel estimation method based on signal grouping.

기되어 있듯이 A, B, C, D ... 순으로 들어온다고 가정한다. 먼저 A 지점에 신호를 받으면 최초의 그룹1을 선정하는 동시에 영역을 생성하고, 각 영역의 반지름(r)은 아래의 식(1)과 같다.

$$r = \begin{cases} \sqrt{|\bar{A}|^{2/M}}, & M-PSK \\ |\bar{A}|/\sqrt{10}, & 16-QAM, \end{cases} \quad (1)$$

여기에서 \bar{A} 는 수신된 신호들의 그룹 내 평균 크기 (Amplitude)를 의미한다. 계속해서 그룹1 내에 B점이 존재함으로 A점과 B점의 평균을 계산하여 채널 추정치를 재설정한다. 하지만 C와 같이 그룹에 포함되지 않으면 새로운 그룹을 형성하고 같은 과정을 반복한다. 이후에 샘플이 가장 많은 그룹 중 하나를 택하고 선정된 그룹 평균값을 h_{est} 로 가정한다.

이후 추정된 채널 h_{est} 에 h_{est}^* 를 곱해서 크기는 $\|h_{est}\|^2$ 과 위상을 $\theta = 0^\circ$ 에 가까운 상태로 맞추어 신호 복원을 위한 준비한다.

IV. 모의실험 결과

그림 7은 평균 신호 대 잡음비(signal to noise ratio : SNR)별 채널 추정 오류를 측정하기 위한 지표 중 하나인 RMSE를 나타내고 있으며, 아래의 식(2)를 바탕으로 그려졌다.

$$RMSE = \frac{1}{\|h_{true}\|} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|h_{true} - h_{est}\|^2} \quad (2)$$

여기에서 N 은 총 시도 횟수를 의미하고, h_{true} 는 실제 설정한 블라인드 채널 상태 값이다. 비교대상으로 기존의 최소 제곱법 기반 방법인 XLTK[3]과 [4]

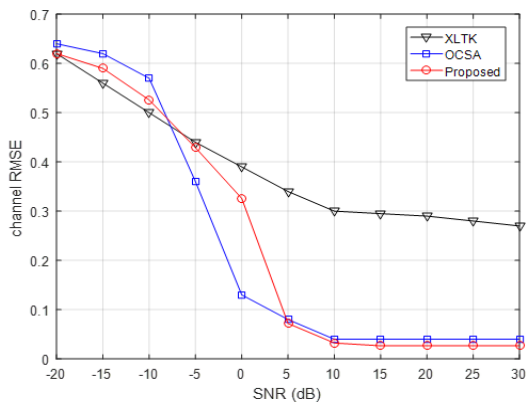


그림 7. QPSK 변조 기반 SNR 별 RMSE 성능 비교
Fig. 7. Comparing RMSE performances versus average SNR in QPSK modulation.

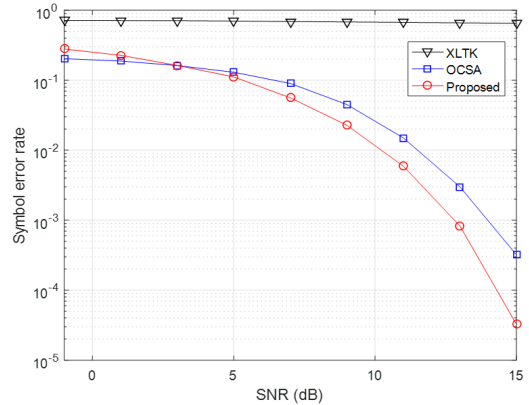


그림 8. QPSK 변조 기반 SNR 별 SER 성능 비교
Fig. 8. Comparing SER vs average SNR of QPSK modulation.

의 논문에서 제안된 방법 중 하나인 One-cycle subspace approach (OSCA) 기법으로 선정하였다. 같은 조건을 적용위해 QPSK 변조기법을 사용하였으며, $N=1000$ 으로 설정하였다. 그래프를 통해 알 수 있듯이 -10dB이하인 SNR 구간에서는 XLTK와 제안한 방법이 비교적 낮은 RMSE수치를 띄고, -10dB에서 5dB까지는 OSCA와 제안한 방법이 채널 RMSE가 현저하게 감소함을 확인할 수 있다. SNR 수치가 10dB이상부터 3% 이하의 신뢰성 있는 추정 오류율을 보장한다. 다음으로 그림 8은 복원 신호와 송신 신호를 비교 후 SER을 나타낸 그래프이다. 결과를 통해 XLTK기법은 대부분의 SNR 구간에서는 좋지 않은 성능보이고, OSCA기법과 제안한 기법은 SNR이 5dB이후부터 충분히 신뢰할 만한 신호 정보를 제공함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 블라인드 통신 상황에서 수신된 신호들로부터 채널 상태 값 및 변조기법을 추정하여 신호 정보를 복원하는 기법에 대하여 알아보았고, RMSE와 SER 성능 그래프를 통해 제안한 알고리즘의 기존의 방법대비 충분한 신뢰성을 보장함을 확인할 수 있다.

References

[1] R. Yongzhe, D. C. Park, and S. C. Kim, "Pilot subcarrier based channel estimation scheme in IEEE 802.11p systems," *J. KICS*, vol. 40, no. 5, pp. 791-798, May 2015.

- [2] E. Moulines, P. Duhamel, J. -F. Cardoso, and S. Mayrargue, "Subspace methods for the blind identification of multichannel FIR filters," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 43, no. 2, pp. 516-525, Feb. 1995.
- [3] G. Xu, H. Liu, L. Tong, and T. Kailath, "A least-squares approach to blind channel identification," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 43, no. 12, pp. 2982-2993, Dec. 1995.
- [4] E. Serpedin and G. B. Giannakis, "Blind channel identification and equalization with modulation- induced cyclostationarity," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 46, no. 7, pp. 1930-1944, Jul. 1998.
- [5] Z. Zhu and A. K. Nandi, *Automatic modulation classification principles, algorithms and applications*, Wiley, 2015.