

Software Modem 기반 MISO STBC-OFDM 시스템에서 Frequency offset 추정 오류에 의한 수신 성능 영향 분석

김상은¹, 유제인¹, 김주엽*

숙명여자대학교

e-mail : kse8974@sookmyung.ac.kr, dbwpdls22@sookmyung.ac.kr, jykim@sookmyung.ac.kr

Analysis of the effect of reception performance due to frequency offset estimation error in MISO STBC-OFDM system based on Software Modem

Sangeun Kim, Jein Yoo and Juyeop Kim

Sookmyung Women's University

Abstract

In this paper, we analyze the SNR performance according to the frequency offset of Software Modem based STBC-OFDM systems and then compare the variation trends of preamble SNR and data SNR. Finally, we present the Maximum likelihood frequency offset estimation algorithm to compensate for this, and evaluate the performance of Software Modem-based MISO STBC-OFDM systems applied with the algorithm.

I. 서론

MIMO (Multi Input Multi Output)는 기지국과 단말 사이에 여러 안테나를 사용하여 그 수에 비례하게 전송 용량을 높여주는 기술이다. MIMO는 오랜 시간동안 무선 통신에서 사용되어온 기술이지만 빔포밍 기술과 더불어 5G망을 구축하는데 있어서 데이터 전송 속도를 초고속으로 높여주는 장점이 있어 5G의 핵심 기술이 되었다. 이 기술을 사용하면 데이터 전송 속도를 높이고 에러가 발생할 확률을 줄일 수 있지만, Data를 Decoding하는 과정에서 Frequency offset의 영향을 많이 받기 때문에 Channel Estimation에 민감하다는 단점을 지니고 있다. 따라서

무선 MIMO 환경에서 Frequency offset은 통신 성능을 결정하는 주요 원인으로 작용한다.

본 연구는 STBC 알고리즘 [1]으로 구현된 수신기의 높은 에러율(BER)을 문제로 인식하여 시작되었다. 따라서 해당 원인을 규명하기 위해 Preamble SNR과 Data SNR을 비교분석한다. 또한, Maximum Likelihood Estimation(MLE) of Frequency offset을 이용하여 Frequency offset을 보정한 결과를 제시함으로써 Software Modem 기반 STBC-OFDM 시스템에서의 Frequency offset 보정 기술에 대한 필요성을 증명한다.

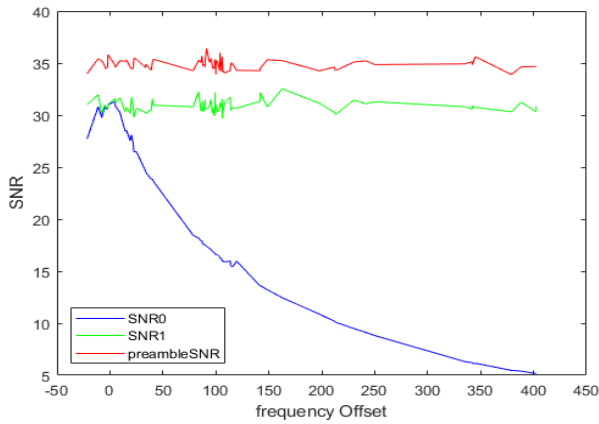
II. 본론

2.1 Frequency offset에 따른 SNR 분석

<Figure 1>은 수신한 Preamble sequence와 Data symbol을 Frequency offset과 SNR에 대하여 정리한 그래프이다. Data symbol의 SNR Data symbol의 SNR은 Frequency offset이 증가할수록 크게 감소한다. 반면, Preamble의 경우 Frequency offset값에 관계없이 Preamble SNR이 약 35dB로 비교적 일정하게 나오는 것을 확인할 수 있다.

이러한 SNR 성능은 Decoding 과정에도 막대한

영향을 끼친다. Frequency offset이 작은 경우, Preamble SNR과 Data SNR 모두 30dB를 넘어 Data decoding이 수월하였으며, BER이 낮았다. 그러나 Frequency offset이 커질수록 Data SNR이 급격하게 줄어들어 Data decoding 성능이 크게 떨어져 BER이 높아지는 결과를 얻게 되었다. 이러한 BER의 성능을 고려하였을 때, Frequency offset 보정 기술은 필수적이라고 할 수 있다.



<Figure 1> Preamble - Data SNR Performance according to Frequency offset

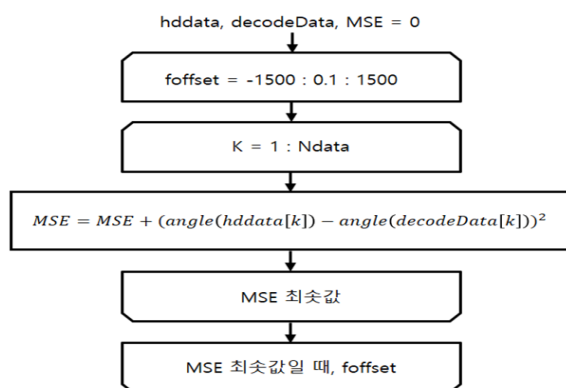
$$\text{snr} = 10\log\left(\frac{\text{sigPower}}{\text{mean}(\text{abs}(\text{nVec})^2)}\right)$$

$$\text{preamble SNR} = 10\log\left(\frac{\text{sigPower}_{\text{preamble}} - \text{noisePower}_{\text{preamble}}}{\text{noisePower}_{\text{preamble}}}\right)$$

- SNR0 : Frequency offset 보정 전의 Data Symbol SNR
- SNR1 : Frequency offset 보정 후의 Data Symbol SNR
- Preamble SNR : Preamble sequence SNR

2.2 MLE of Frequency offset Algorithm

앞서 다룬 Frequency offset으로 인한 SNR 저하 문제를 해결하기 위한 방법으로 <Figure 2>와 같은 MLE of Frequency offset Algorithm을 제시한다.



<Figure 2> MLE of Frequency offset Algorithm

Frequency offset을 -1500에서 1500의 범위에서 0.1의 간격으로 증가시키며 수신 Data x를 보정한 후, STBC-OFDM VRX Algorithm[2]을 통해 얻은 Decoded Data와 Hard Decision Data를 이용하여 MSE를 계산한다.

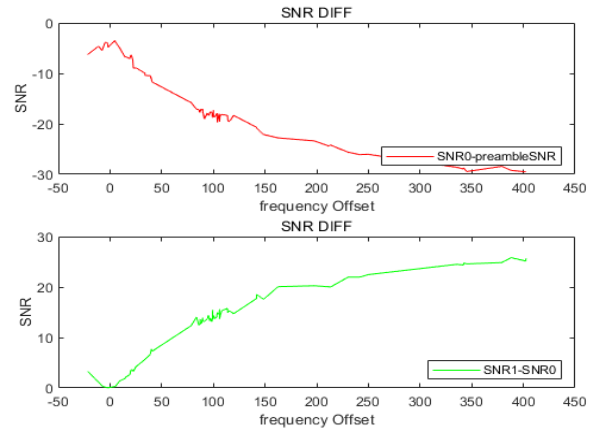
$$\text{nVec} = \text{hddata} \sqrt{\text{sigPower}} - \text{decodedData}$$

$$\text{hddata} = \text{MAX}[\text{QPSKsym} * \text{conj}(\text{decodedData})]$$

이때, MSE 값이 최소가 되는 지점에서의 Frequency offset이 Compensation에 사용된다.

<Figure 1>의 SNR1은 MLE of Frequency offset Algorithm을 적용하여 Frequency offset을 보정한 결과이다. Data SNR이 Preamble SNR과 비슷한 크기를 일정하게 갖는 것을 확인할 수 있다.

IV. 성능 분석 및 결론



<Figure 3> SNR performance comparison after MLE of Frequency offset

- SNR0 - PreambleSNR : SNR performance degradation due to frequency offset
- SNR1 - SNR0 : SNR performance improvement after compensation

<Figure 3>는 MLE of Frequency offset을 적용하여 Frequency offset을 보정한 후, 기존 Preamble SNR과 Data SNR을 보정된 Data SNR과 비교하여 나타낸 것이다. Frequency offset에 따라 크게 감소하던 SNR이 Preamble SNR에 근접하게 복원되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 사실을 종합해볼 때, Frequency offset을 적절히 보정할 수 있다면, Data SNR이 충분히 크고 일정하게 유지될 수 있어 열악한 채널 환경에서도 낮은 BER 성능을 보장할 수 있게 된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00874, 시공간 선 부호 기반 차세대 무선 접속 기술 개발)

참고문헌

- [1] Alamouti S M . "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications" IEEE journal on selected areas in communications : 1451-1458.
- [2] 김지원, 이주희, 정서빈, 김주엽* "Software-Defined Radio 기반 MISO STBC-OFDM 통신 시스템 구현" 2020년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 516-517.