

DCO-직교 주파수 분할 다중화 기법의 에르미트 대칭성 분석

박민재, 전현채*

인천대학교

minjaeqaw@inu.ac.kr

On Hermitian Symmetry Constraints in DCO-OFDM

Minjae Park, Hyunchae Chun

Incheon National Univ.

요약

가시광 통신을 비롯한 무선광통신 환경에서 OFDM을 적용하는 것은 넓은 파장으로부터의 가용 주파수 대역으로 인해, 차세대 통신의 효과적 보조수단으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는, 기존의 다수 연구에서 여겨지는 것과 달리, DCO-OFDM의 주파수 효율성이 Coherent (RF) OFDM과 차이가 없다는 것을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

I. 서론

최근 무선 주파수(RF) 통신의 주파수 자원 고갈에 따라 가시광 통신(VLC)가 해결책으로 부상하였다. 여러 변조 방식 중에서도 직류 편향 광 직교 주파수 분할 다중화(DCO-OFDM)은 적은 주파수 대역에서 높은 데이터 전송률을 구현하였다.

그러나 DCO-OFDM은 실수 신호 생성을 위해 데이터의 절반을 기존 데이터와 중복되는 성분인 에르미트 대칭을 사용하는 것이 필수적이다. 그에 따라 동일한 주파수 범위에서 데이터 전송률에 저하가 발생하여 DCO-OFDM이 기존 RF방식에 비해서 주파수 효율성이 50% 수준으로 감소한다는 연구들이 있다.

하지만 DCO-OFDM의 실제 주파수 효율에 대해서는 논의가 진행중이며 아직 확실한 정의가 확립되지 않았다. 정확한 대역폭과 주파수효율의 규정은 다양한 변조방식의 성능을 정밀하게 평가하고 특정 신호 대역폭을 지원하는 광전자 소자의 선택에 있어서 중요하다.

본 논문에서는 수치 시뮬레이션을 통해 DCO-OFDM의 실제 주파수 효율이 기존 RF-OFDM과 동일하다는 포괄적인 근거를 제시한다. 본 연구는 에르미트 대칭이 수신단의 데이터 복원에서 고유한 정보를 추가로 제공하지 않는다는 점에 주목한다. 실수 신호 생성 이후에 중복되는 부분을 제거하여도 낮은 비트 오류율(BER)로 데이터 복구가

가능하다는 것을 보여줌으로써, DCO-OFDM이 기존 RF-OFDM과 비교하여 비슷한 주파수 효율을 달성하였음을 보여준다.

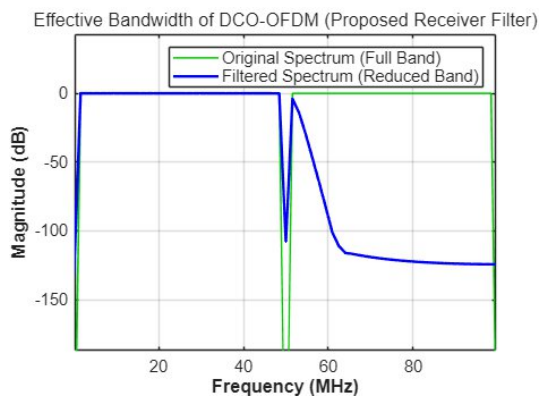
II. 본론

시뮬레이션을 위해 FFT 크기는 64로 설정하였고 데이터 변조에는 4-QAM 방식을 채택하였다. 시스템 샘플링 레이트 100MHz에서 고주파 대역에 에르미트 대칭부분을 배치하였다. 실수신호를 생성한 이후, 차단 주파수가 50MHz 이상인 고정밀 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)를 적용하여 중복되는 데이터를 제거하였다. [그림 1]은 필터가 적용되지 않은 기존 신호와 필터가 적용된 신호를 비교하여 그래프로 보여주고 있다. 50MHz 이상의 고주파 신호에는 필터가 적용되어 신호의 크기가 크게 감소된 것을 확인할 수 있다. 절반의 데이터가 제거되었지만 [그림 2]와 [그림 3]에서 확인할 수 있듯이 4-QAM이 완벽하게 복조가 되었다. 이를 통해 에르미트 대칭이 데이터 복원의 관점에서는 필수적인 사항이 아니라는 것을 알 수 있다. 이는 DCO-OFDM의 전체 필요 대역폭이 기존 대비 50% 감소하였다는 것을 의미하며 RF-OFDM과 동일한 주파수 효율에 도달했음을 의미한다.

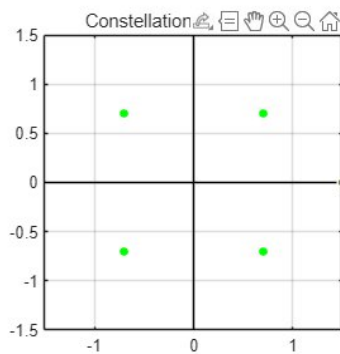
III. 결론

본 연구에서는 광소자 및 무선광통신채널의 대역폭의 최적화를 통해, 데이터 전송 효율 극대화

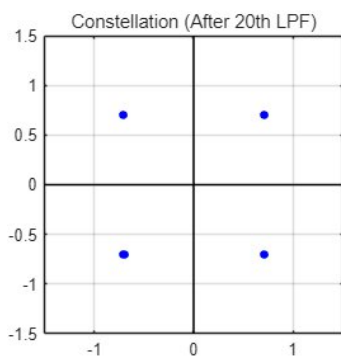
의 필요성을 확인하였고, DCO-OFDM의 에르미트 대칭 성분을 필터로 제거하더라도, 문제없이 데이터의 복조가 가능하다는 것을 증명하였다.



[그림1] 필터 적용 전, 적용 후 신호의 비교



[그림2] 필터적용 전 4QAM 성좌도



[그림 3] 필터링된 신호의 4QAM 성좌도

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by MSIT (No.RS-2023-00253346). Also, this research was supported by the MSIT, Korea, under the ITRC support program (IITP-2025-RS-2023-00259061) supervised by the IITP.

참 고 문 헌

- [1] J. Doe, A. Smith, and K. Lee, "The Evolution of IEEE 802.11bb: Standardizing High-Speed Li-Fi for 6G Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 64, no. 1, pp. 100-110, Jan. 2026.
- [2] X. Y. Xu and D. W. Yue, "A Novel Non-Hermitian Symmetry Orthogonal Frequency Division Multiplexing System for Visible Light Communications," *IEEE Photonics Journal*, vol. 13, no. 6, pp. 1-9, Dec. 2021, Art no. 7904409. doi: 10.1109/JPHOT.2021.3120025.