

형광집광기와 SLM 기반 다중파장 릴레이 시스템

백지연*, 이윤아, 전현채
인천대학교

jiyeonbaek@inu.ac.k

Multi-wavelength selective relay system by SLM and fluorescent concentrator

Jiyeon Baek, Yuna Lee, Hyunchae Chun

Incheon National Univ.

요약

다중 파장 채널을 선택적으로 수신하고 전달하는 광학 시스템을 기반으로, DCO-OFDM 광무선 통신 클리핑 레벨 변화가 BER 성능에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였다. 실험 결과, 클리핑 레벨에 따라 PAPR 감소와 클리핑 잡음 간의 트레이드오프가 존재하며, 클리핑 최적화가 고전송률 구간에서 가장 안정적인 성능을 제공함을 확인하였다.

I. 서론

5G 이동통신의 상용화 이후 초고속, 초저지연, 초연결 서비스에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있으며, 6G 통신에서는 Tb/s 급 전송률과 지능형 전파 환경의 구현이 핵심 목표로 논의되고 있다. 이러한 요구를 충족하기 위해 프런트홀 및 실내 백홀 구간에서의 고용량 무선 전송 기술이 중요해지고 있으며, RF 기반 링크의 주파수 자원 한계와 간섭 문제를 보완하기 위한 광무선 통신(OWC) 기술이 주목받고 있다 [1], [2].

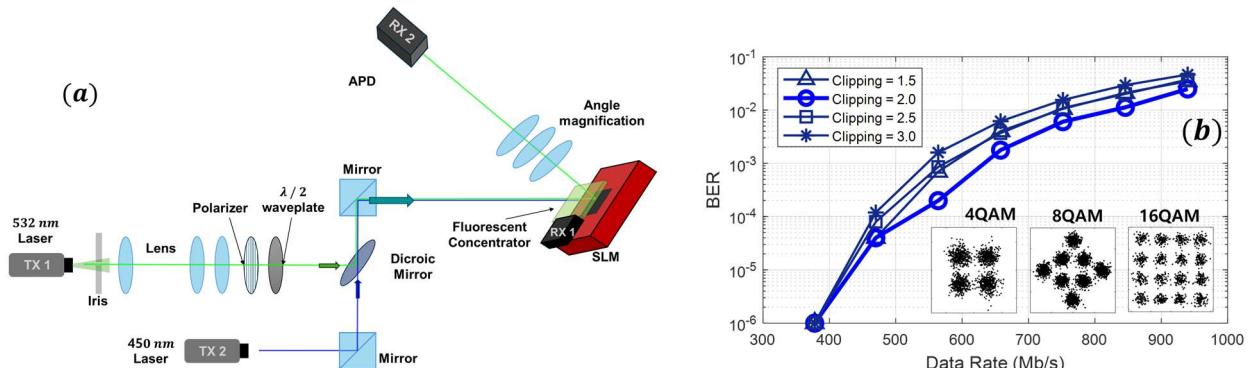
가시광선 통신(VLC)을 포함한 OWC 시스템은 넓은 가용 대역폭과 전자파 간섭 회피라는 장점을 바탕으로 5G/6G 실내 초밀집 네트워크 및 단거리 고속 링크에 효과적으로 적용될 수 있다. 이러한 환경에서 다중경로 분산과 심볼 간 간섭에 강인한 직교 주파수 분할 다중화(OFDM)는 고속 광무선 통신을 위한 핵심 변조 기법으로 활용되고 있다 [3]. 광무선 통신 시스템은 Intensity Modulation(IM) 및 Direct Detection(DD) 구조를 사용하므로, 송신 신호는 실수이며 음이 아닌 특성을 만족해야 한다. 이를 위해 DC 바이어스를

추가한 DCO-OFDM 방식이 널리 사용되고 있으나, OFDM 신호의 높은 피크 대 평균 전력비(PAPR)는 LED 및 광 송신기의 제한된 동적 범위로 인해 비선형 클리핑 왜곡을 유발하며 BER 성능 저하의 주요 원인으로 작용한다[4], [5].

최근에는 6G 핵심 기술로 Reconfigurable Intelligent Surface(RIS)가 주목받고 있으며, 이러한 개념은 Spatial light modulator (SLM)을 이용한 구조로 확장되고 있다. 그러나 수신광량의 변화가 심한 광학 다중파장 릴레이 환경에서 DCO-OFDM 신호의 비선형 클리핑 문제는 여전히 시스템 성능을 제한하는 요소로 남아 있다. 이에 본 논문에서는 5G/6G 통신 환경을 고려한 광학 RIS 기반 DCO-OFDM 시스템에서 클리핑 레벨 변화에 따른 BER 성능을 실험적으로 분석한다.

II. 본론

본 연구에서는 DCO-OFDM 기반 광무선 통신 시스템을 구성하고, Hermitian 대칭을 적용하여 실수 OFDM 신호를 생성한 후 DC 바이어스 추가 및 하한 클리핑을 적용하였다. 클리핑 레벨은 OFDM 신호 최대 진폭 대비 비율로 정의되며, 이는 PAPR 감소 효과와



[그림 1] (a)형광집광기와 SLM 기반 다중파장 릴레이 시스템과 (b)통신성능측정결과

클리핑 잡음의 크기를 동시에 결정하는 핵심 파라미터이다.

그림 1(a)는 실험셋업을 보여주고 1(b)는 서로 다른 클리핑 레벨(1.5, 2.0, 2.5, 3.0)에 대해 데이터 전송률 증가에 따른 BER 성능을 나타낸 결과이다.

약 400~600 Mb/s에서 클리핑 레벨 2 (즉, 신호 STD 대비 2 배 이상의 신호를 제한)이 가장 우수한 BER 성능을 보였으며, 이는 강한 클리핑을 통해 송신기의 동적 범위가 효율적으로 활용되어, 더 큰 SNR을 얻은 결과로 해석된다. 반면, 클리핑을 덜 적용될수록 클리핑 잡음이 감소하는 대신 PAPR 증가로 인해 BER 성능이 점진적으로 열화되는 경향이 나타났다.

III. 결론

본 논문에서는 다중 파장 채널을 선택적으로 수신하고 전달하는 광학 시스템을 제안하였고, DCO-OFDM을 사용하는 광무선 통신환경에서, 클리핑 레벨 변화가 BER 성능에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였고, 양방향 통신기법 및 릴레이 성능을 개선하는 후속연구가 필요하다.

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] S. Dimitrov, S. Sinanovic and H. Haas, "Clipping Noise in OFDM-Based Optical Wireless Communication Systems," in *IEEE Transactions on Communications*, vol. 60, no. 4, pp. 1072-1081, April 2012.
- [2] M. Zhang and Z. Zhang, "An Optimum DC-Biasing for DCO-OFDM System," in *IEEE Communications Letters*, vol. 18, no. 8, pp. 1351-1354, Aug. 2014.
- [3] Christian R. Berger, Yannis Benlachtar, Robert I. Killey, and Peter A. Milder, "Theoretical and experimental evaluation of clipping and quantization noise for optical OFDM," *Opt. Express* 19, 17713-17728 (2011).
- [4] Alrakah, H.; Hijazi, M.; Sinanovic, S.; Popoola, W. Clipping Noise in Visible Light Communication Systems with OFDM and PAPR Reduction. *Photonics* 2024.
- [5] Cinemre, I., Aydin, V. & Hacioglu, G. Papr reduction through Gaussian pre-coding in DCO-OFDM systems. *Opt Quant Electron* **56**, 958 (2024).