

고차 변조 방식을 적용한 SIM/SM 광무선 통신시스템

이 성 희*, 황 승 훈^o

SIM/SM Optical Wireless Communication System with Higher Modulation

Seong-hee Lee*, Seung-hoon Hwang^o

요 약

본 논문은 광 무선통신에서 Subcarrier Intensity Modulation(SIM)에 Spatial Modulation(SM)을 결합한 시스템의 전송률을 향상시키기 위해 고차 변조 방식을 적용하는 방법을 제안한다.

Key Words : Optical wireless communication, Higher modulation, Subcarrier intensity modulation, Spatial modulation

ABSTRACT

This paper proposes the method of applying higher modulation in order to improve data rate of the system combining SM with SIM in Optical wireless communication.

I. 서 론

광 무선통신은 대기 중에 광원을 전송하는 통신기술로 200THz대역을 이용하기 때문에 라이선스 비용이 없고 Gbps급 데이터 전송이 가능하다.

SIM은 Intensity modulation / Direct detection (IM/DD)의 대표적인 기법 중 하나이다. On Off Keying(OOK)은 신뢰도를 위해 적응적 임계값이 필요한데 비해 SIM은 적응적 임계값이 필요하지 않다. 또한 Pulse Position Modulation(PPM)에 비해 대역폭

을 적게 이용한다는 장점이 있다. 그리고 다중 부반송파를 이용하여 대기의 격변에 강한 장점을 가지고 있다^[1]. 하지만 부반송파의 수가 증가함에 따라 세기변조에 쓰이는 DC바이어스 또한 증가하기 때문에 전송 파워가 증가하는 전력 낭비가 발생한다^[2].

SM은 매핑에 의해 다중 송신 안테나 중 하나를 선택하여 데이터를 송신하는 기법이다^[3]. 수신기에서 수신한 심볼을 복조하면서 어느 안테나로부터 전송된 심볼인지 검출하고 안테나 인덱스에 맞는 비트를 복원한다. SM을 SIM에 적용하여 부반송파 중 하나만을 송신에 이용하면 DC바이어스가 증가하지 않아 전력 저효율 문제를 해결할 수 있다^[3].

본 논문은 기존 BPSK 변조방식을 이용한 SIM/SM 시스템에 고차 변조방식을 이용하여 BER 성능과 데이터 전송률을 확인한다.

II. 제안된 모델

무선통신의 변조방식에는 BPSK, QPSK, 8PSK 등 여러 변조방식이 존재한다. 변조방식이 고차로 증가함에 따라 간섭이나 잡음에 약해져 전송한 데이터가 깨질 확률이 커지지만 한 심볼당 많은 데이터를 전송할 수 있기 때문에 데이터 전송률이 올라간다. 그림 1은 고차 변조방식을 적용하여 데이터 전송률을 높이는 SIM/SM시스템의 블록 다이어그램이다. 수신부에서

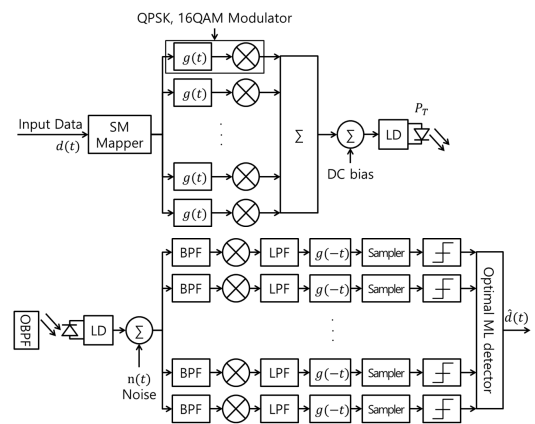


그림 1. 고차 변조방식을 적용한 SIM/SM 시스템의 블록 다이어그램
 Fig. 1. Block diagram of SIM/SM system applying higher modulation

* First Author : Dongguk University Div. of Electronics & Electrical Eng, blackbill257@naver.com, 학생회원
^o Corresponding Author : Dongguk University Div. of Electronics & Electrical Eng, shwang@dongguk.edu, 종신회원
 논문번호 : KICS2015-12-381, Received December 2, 2015; Revised December 18, 2015; Accepted December 18, 2015

전송할 데이터를 생성하게 되면 이 데이터는 SM 매퍼에 의해 부반송파 인덱스와 심볼 두개의 서브블록으로 나뉜다. 부반송파 인덱스에 따라 알맞은 부반송파에 심볼을 지정한다.

그림 2를 보면 101이라는 데이터가 SM매퍼를 통과하면서 첫 번째 비트 1을 통해 두 번째 부반송파를 선택하고 두 번째, 세 번째 비트인 01을 $-1+j$ 로 QPSK 변조하여 부반송파에 실는 것을 확인할 수 있다. 그 후 변조방식에 따라 비트를 변조하는데 BPSK 변조방식을 적용할 경우 한 심볼당 한 비트의 데이터를 실을 수 있지만 QPSK의 경우 한 심볼당 두 비트의 데이터를 실을 수 있다. 또한 16QAM의 경우 한 심볼당 네 비트의 데이터를 실어 고차 변조방식을 이용함에 따라 한 번에 많은 데이터를 전송할 수 있다.

이를 2개의 부반송파를 가진 SIM/SIM시스템에 적용한다면 BPSK의 경우 첫 번째 비트를 통해 부반송파를 선택하고 두 번째 비트를 선택된 부반송파에 실어 전송한다. QPSK의 경우 BPSK와 마찬가지로 첫 번째 비트를 통해 부반송파를 선택하고 두 번째, 세 번째 비트를 QPSK 변조하여 선택된 부반송파에 실는다. 16QAM의 경우 같은 방식으로 부반송파를 선택하고 두 번째부터 다섯 번째 비트를 변조하여 선택된 부반송파에 실는다. 이 경우 BPSK는 한번에 2비트, QPSK의 경우 3비트, 16QAM의 경우 5비트의 데이터를 전송할 수 있다. 변조된 신호는 DC바이어스가 가해져 양의 값으로 바뀌고 세기 변조되어 광원으로 수신부로 송신한다. 수신기에서는 수신한 광원을 전기적 신호로 바꿔준다. 이 신호는 대역통과 필터와 저역통과 필터를 거치고 동기 검출된 후 최대공산 검출기를 통해 데이터로 변환된다.

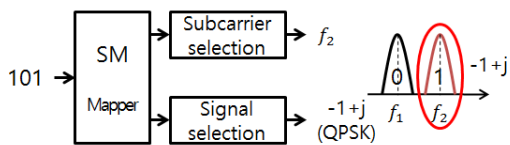


그림 2. 2개의 부반송파를 가진 QPSK 변조 SM 매퍼의 예 Fig. 2. Example of QPSK modulation SM mapper with two subcarriers

III. 시뮬레이션 결과

제안한 시스템 모델의 성능을 비교하기 위해 표 1에 따라 파라미터를 지정하여 시뮬레이션을 확인하였다. 그림 3은 터블런스 채널에서 irradiance variance를 0.1로 두었을 때 BPSK 변조방식 SIM시스템과

표 1. 시뮬레이션 파라미터 Table 1. Simulation parameter

Parameter	Value
Subcarrier frequency	14 MHz - 28 MHz
Photo detector responsivity (R)	1
Constellation size (M)	2 (BPSK)
	4 (QPSK)
	16 (16QAM)
Spectral efficiency	2 bits/s/Hz
The number of subcarriers	2
Channel	Log-normal channel ($\sigma^2 = 0.1, 0.3, 0.5$)

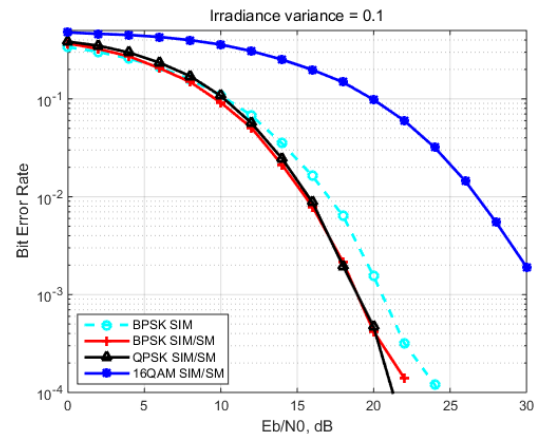


그림 3. 터블런스 채널에서 변조 방식에 따른 SIM/SIM의 BER 성능($\sigma^2=0.1$) Fig. 3. Bit Error Rate of SIM/SIM according to modulation in turbulence channel($\sigma^2=0.1$)

BPSK, QPSK, 16QAM SIM/SIM시스템의 BER 성능을 나타낸다. SIM/SIM시스템에서 QPSK 변조방식을 적용해도 BPSK와 BER성능의 차이가 없는 것을 알 수 있고 16QAM의 경우 BPSK, QPSK에 비해 BER 성능이 다소 떨어지는 것을 알 수 있다.

그림 4와 5는 irradiance variance를 각각 0.3, 0.5로 두었을 때 BER성능을 비교한 그래프이다. 보다시피 대기의 격변이 강해질수록 BPSK, QPSK, 16QAM SIM/SIM시스템의 BER 성능차이가 줄어드는 것을 알 수 있다.

그림 6는 터블런스 채널에서 irradiance variance를 0.1로 두었을 때 송신부에서 5,000개의 심볼을 송신했을 때 변조방식에 따라 수신부에서 에러없이 수신한 비트의 수를 나타낸다. Eb/N0가 증가하면서 BPSK의

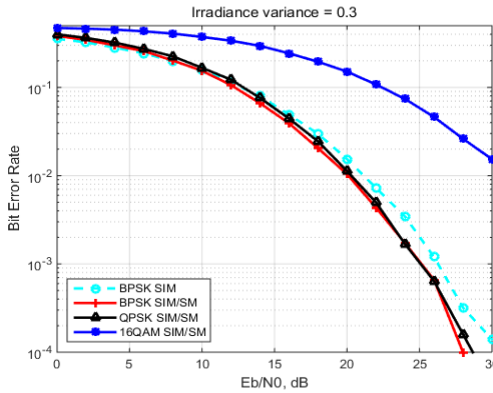


그림 4. 터블런스 채널에서 변조 방식에 따른 SIM/SM의 BER 성능($\sigma^2=0.3$)
 Fig. 4. Bit Error Rate of SIM/SM according to modulation in turbulence channel($\sigma^2=0.3$)

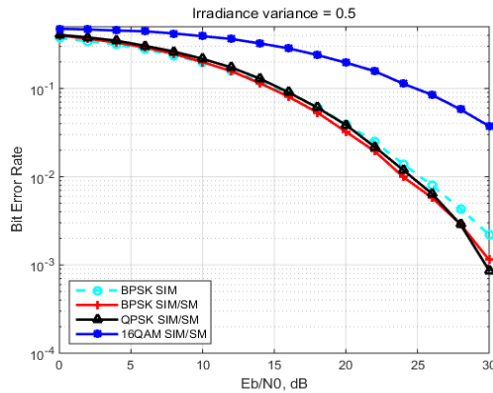


그림 5. 터블런스 채널에서 변조 방식에 따른 SIM/SM의 BER 성능($\sigma^2=0.5$)
 Fig. 5. Bit Error Rate of SIM/SM according to modulation in turbulence channel($\sigma^2=0.5$)

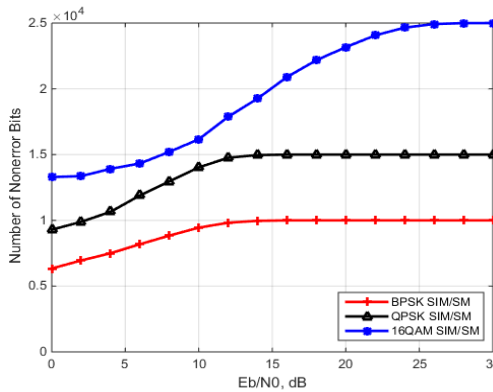


그림 6. 터블런스 채널에서 변조 방식에 따른 SIM/SM의 수신한 비트의 개수($\sigma^2=0.1$)
 Fig. 6. The number of received bits of SIM/SM according to modulation in turbulence channel($\sigma^2=0.1$)

경우 10,000개, QPSK의 경우 15,000개, 16QAM은 25,000개의 비트를 에러 없이 수신한 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문은 기존 광 무선통신 기반 SIM/SM 시스템의 성능을 향상시키고자 고차 변조방식을 적용하여 BPSK 변조방식과 비교하여 그 성능을 확인하였다. QPSK 변조방식을 적용한 시스템의 BER성능은 기존의 BPSK와 비교하여 떨어지지 않았고 데이터 전송률의 경우 기존의 BPSK 변조방식보다 1.5배 좋은 성능을 보였다. 16QAM 변조방식을 적용한 시스템의 경우 간섭과 잡음에 약한 고차 변조방식의 특성으로 인해 BPSK, QPSK 변조방식 시스템보다 BER성능이 떨어졌지만 터블런스의 세기가 강해질수록 성능차이가 줄어드는 것을 보였다. 또한 16QAM의 경우 데이터 전송률이 BPSK에 비해 2.5배, QPSK에 비해 1.6배 증가하는 것을 보였다. 따라서 SIM/SM 시스템에 고차 변조방식을 적용한 방식은 E_b/N_0 가 높거나 채널 상태가 좋은 상황에서 데이터 전송률을 효과적으로 늘릴 수 있는 방안이다.

References

- [1] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical Wireless Communications system and channel modelling with Matlab*, CRC Press, 2011.
- [2] R. You and J. M. Kahn, "Average power reduction techniques for multiple-subcarrier intensity-modulated optical signals," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 3, pp. 1620-1627, New Orleans, LA, Jun. 2000.
- [3] R. Mesleh, H. Elgala, and H. Haas, "Optical spatial modulation," *IEEE/OSA J. Optical Commun. and Netw.*, vol. 3, no. 3, pp. 234-244, Mar. 2011.
- [4] Y. Cheng and S. H. Hwang, "Subcarrier intensity modulation-spatial modulation for optical wireless communications," *J. KICS*, pp. 1086-1093, Dec. 2013.