

# 변조방식에 따른 OFDM 무선통신 시스템의 성능평가

김창선\* · 김성곤\* · 변건식\*

\*동아대학교

## Performance of OFDM wireless communication system for modulation techniques

Chang-sun Kim\* · Sung-gon Kim\* · Kun-sik Byon\*

\*Dong-a University

E-mail : ksbyon@mail.donga.ac.kr

### 요 약

OFDM 방식은 전통적인 단일 반송파 전송방식과는 달리 전송할 데이터를 병렬적으로 변조하여 주어진 다중전송채널에 다수의 반송파를 실어보내므로 고속의 데이터전송을 수행하고 주파수를 직교적으로 오버랩 시킴으로써 높은 스펙트럼 효율을 제공할 수 있어 여러 분야에서 적용되고 있으며 계속해서 연구되고 있다. 본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 변조방식에 따른 OFDM 무선통신시스템의 성능을 평가하였으며 변조방식으로는 M-PSK, M-QAM을 사용하였다. 시뮬레이션은 다중로지연확산, 가우시안채널잡음, Peak Power Clipping, Frame Start Time Error 등이 포함된 가상의 채널환경과 실제채널환경에서 적용되었다. 시뮬레이션 결과 OFDM 시스템에서의 변조방식으로는 M-QAM 방식이 M-PSK 방식보다 우수함을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this study, a OFDM mode, unlike traditional single carrier mode, is that a great number of carrier in multi-channel environment is transmitted by modulating objective Data parallel in order to execute high speed Data translation and make frequency orthogonal to offer high spectrum efficiency. As a result, this method is adopted to a variety of fields and is being actively studied.

In this papers, the efficiency of OFDM wireless-communication systems is evaluated by modulation methods through computer simulation. M-PSK and M-QAM are used as modulation methods. The simulation is executed in a real channel and a virtual channel included multi-path, AWGN, Peak Power clipping, Frame Start Time Error. As a result of simulation, it is confirmed that M-QAM method is superior to M-PSK in OFDM systems in terms of the transmission methods.

### 1. 서 론

최근 정보화 사회로 나아감에 따라 통신은 이전의 문자 및 음성 외의 제한된 영역에서 벗어나, 대용량의 데이터 및 동화상의 실시간 전송에 의한 양방향 통신에까지 그 영역을 넓어지고 있다. 뿐만 아니라 인터넷을 통한 음성, 데이터 통신이 빠른 속도로 성장하고 있으며, 그 이용 계층도 다양해졌다. 이에 따라 데이터는 그 종류와 크기에

있어서도 급격히 증가하고 있으며, 이를 위해서 초고속, 대용량 통신시스템의 개발이 요구되어지며 현재 유무선 채널에서 고속 데이터 전송에 적합한 방식으로 다중반송파(multi-carrier)를 사용한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex) 방식이 여러 분야에서 적용되고 있으며 활발히 연구되고 있다.[3]

본 논문에서는 OFDM시스템에 M-PSK와 M-QAM과 같은 다양한 변조방식을 다양한 채널환경에 적용하여 각 변조방식에 대한 성능을 BER

(Bit Error Rate)로 평가하였다.

서론을 제외한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 OFDM시스템의 기본적인 개념을 설명하고 3장에서는 OFDM시스템의 시뮬레이션 환경에 대해 설명하였다. 4장에서는 OFDM시스템의 BER성능을 평가하고 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. OFDM 변조방식의 원리

OFDM의 기본적인 개념은 가용 주파수 대역을 여러개의 서브채널로 나누는 것이다. 이를 통하여 모든 서브채널을 협대역 채널로 만들어 주면 주파수 선택성 페이딩이 각각의 서브채널에서는 평탄한 페이딩을 갖게 되므로 채널 등화를 쉽게 할 수 있다는 장점을 가진다. 그림 1과 그림 2는 각각 OFDM시스템의 송수신기 기본 블록도이다.

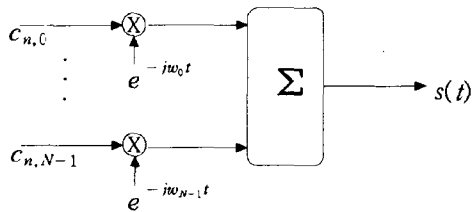


그림 1. OFDM modulator

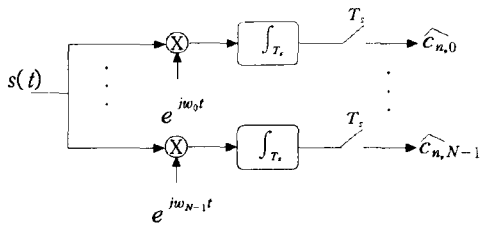


그림 2. OFDM demodulator

그림 1의 송신신호  $s(t)$ 는 식(1)과 같이 표현된다.

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[ \sum_{k=0}^{N-1} c_{n,k} g_k(t - nT_s) \right]$$

$$g_k(t) = \begin{cases} e^{j2\pi f_k t} & t \in [0, T_s) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$f_k = f_0 + k/T_s \quad k=0 - N-1$$

여기서  $c_{n,k}$ 는 n번째 신호간격에서 k번째 서브캐리어에 전송된 심볼,  $T_s$ 는 심볼주기, N은 OFDM시스템의 서브캐리어 수,  $f_k$ 는 k번째 서브캐리어 주파수를 나타낸다.

그림 2에서 복조된 정보  $\hat{c}_{n,k}$ 는 식(2)와 같다.

$$\hat{c}_{n,k} = \frac{1}{T_s} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} s(t) g_k^*(t) dt \quad (2)$$

식(1)과 식(2)의 의미는 OFDM 시스템이 수신단에서 단일 탭 등화기 사용으로 간단하게 페이딩 왜곡을 보상할 수 있으며 송·수신단에서의 변복조 과정은 각각 IDFT와 DFT를 사용함으로써 다수의 부채널을 갖고 낮은 구현 복잡도를 갖는 고속의 OFDM시스템을 구현할 수 있다는 것이다.

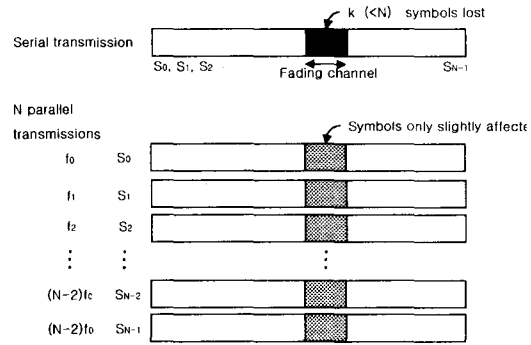


그림 3. Effect of a fading

그림 3은 N개의 직렬 데이터를 N개의 병렬 데이터 형태로 변환시킨 것을 나타낸다.

만일 직렬전송에서 k비트 구간 만큼 페이딩이 발생하였다면 이를 해결하기 위해 복잡한 과정을 거치게 되지만 병렬로 데이터를 처리하면 발생한 페이딩은 긴 주기의 일부분에 해당하므로 페이딩을 쉽게 제거할 수 있다.[1][5]

## III. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 가상의 채널환경과 실제와 유사한 채널환경에서 시뮬레이션을 하였다. 그림 4는 모델링된 채널 환경에서의 OFDM시스템의 블록도이다.[4]

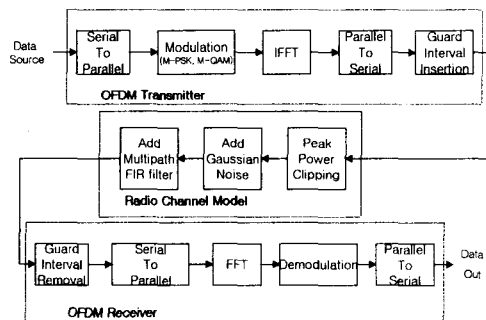


그림 4. OFDM Simulation Block Diagram 1

그림 4에서 직렬로 들어오는 정보신호는 S/P변환기를 통해 병렬신호로 바뀌어지며 변조방식에 따라 변조되어진다. 이 변조된 신호는 IFFT를 거

처 OFDM신호로 변환된다. 이 신호에 guard주기가 각 심볼의 시작부에 추가되면 최종 송신신호가 된다. 송신신호는 전력제어를 위해 Peak Power Clipping 되어지고 여기에 AWGN과 Multipath 환경이 첨가된다. 복조는 변조의 역순으로 수행된다.

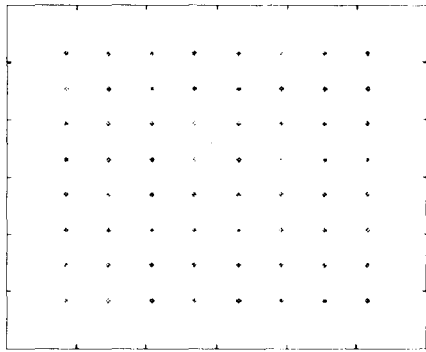


그림 5. 64-QAM Constellation of Original Signal

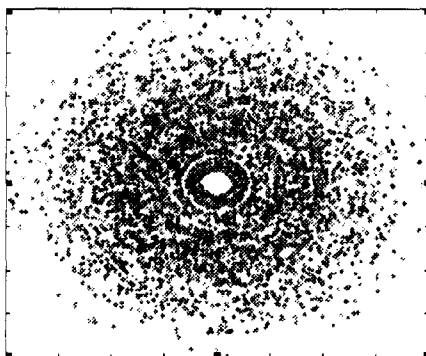


그림 6. 64-QAM Constellation after FFT in Receiver

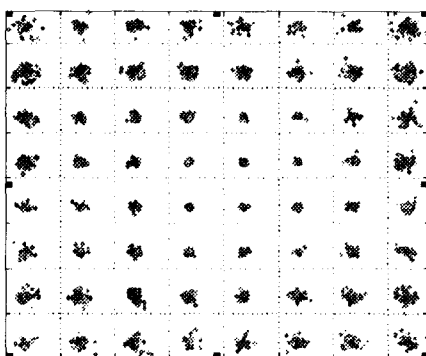


그림 7. 64-QAM Constellation after Demodulation

그림 5는 정보신호의 64-QAM 성상도이며 그림 6은 채널 통과후 FFT된 정보신호의 64-QAM 성상도이다. 그림 7은 복조된 정보신호의 64-QAM

성상도를 나타낸다.

표 1은 OFDM시스템 시뮬레이션에서 사용된 파라미터이다.

표 1. OFDM system parameters used for the simulation

Parameter	Value
Modulation	MDPSK, MQAM
FFT size	2048
Number of carrier	800
Guard Time	512 samples (25%)
Guard Period Type	cyclic extension

그림 8은 실제환경과 비슷한 OFDM시스템의 블록도이다.

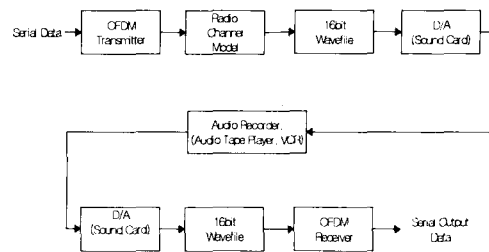


그림 8. OFDM Simulation Block Diagram 2

그림 8에서 정보신호는 OFDM시스템을 통과하여 16비트 wave file로 변환된 후 사운드카드를 통해 스피커로 출력된다. 이 신호는 다시 마이크를 통해 OFDM 수신부로 입력되어 복조되어진다.

#### IV. 성능 평가

본 논문에서 시뮬레이션은 그림 4에서 제시한 모델링된 채널과 그림 8에서 제시한 실제환경과 유사한 조건으로 수행하였으며, 시뮬레이션 결과 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 이 장에서는 그림 4의 시뮬레이션 결과만을 가지고 이야기 한다.

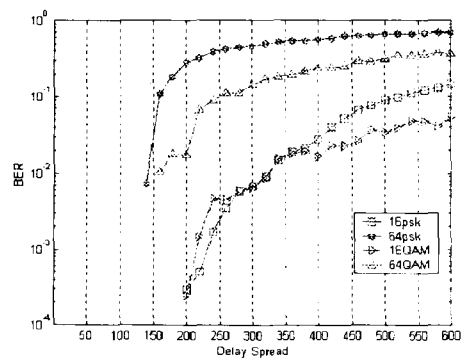


그림 9. Delay Spread tolerance of OFDM

그림 9는 Multipath에 따른 BER을 나타낸다. OFDM신호는 단일의 반사 echo를 갖는 다중로 신호로 시뮬레이션 되었다. 반사신호는 직접 신호보다 3dB 약하게 하였다. 그 결과 16-QAM과 16-PSK가 비슷한 결과이나 16-QAM쪽이 우수함을 볼 수 있다.

그림 10은 Peak power Clipping의 효과를 보여준다.  $10^{-3}$ 의 BER을 얻기 위해 16-PSK는 약 6dB까지 clipped 될 수 있고 16-QAM은 약 7dB까지 clipped 될 수 있음을 보인다. 따라서 16-QAM이 더 우수함을 알 수 있다.

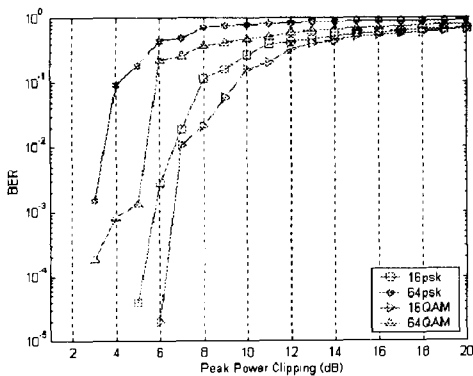


그림 10. Effect of peak power clipping of OFDM

그림 11은 SNR의 변화에 따른 BER을 보인다. 그림에서 알 수 있듯이 16-QAM이 가장 우수하다.

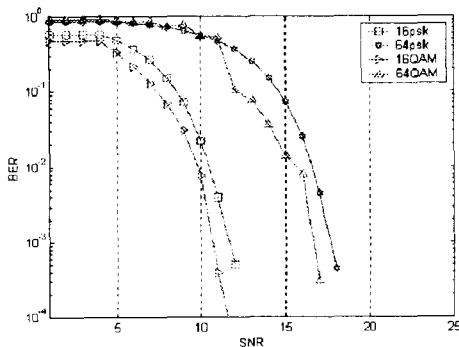


그림 11. BER verse SNR for OFDM

그림 12는 수신 BER에 대한 시작시간 에러효과를 보인다. 이 길이는 Guard간격의 cyclic extension 주기와 정합됨을 알 수 있다. 즉 수신기는  $\pm 128(\text{guardtime}/4)$  샘플의 에러를 허용하기 위해 기대한 프레임 시작시간에서 cyclic extension의 중간에 맞추어야 한다.

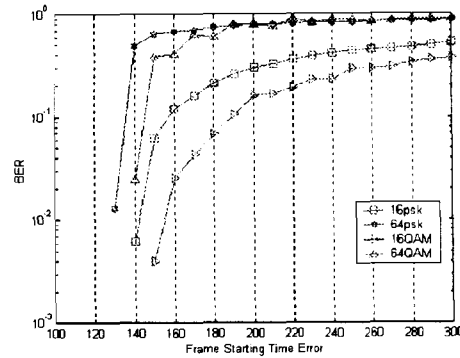


그림 12. Effect of frame synchronization error on the received OFDM signal

## V. 결 론

본 논문에서는 OFDM시스템의 효율적인 변조방식을 제안하기 위해 시뮬레이션하였다.

수신기 구조와 알고리즘의 복잡성 면에서는 M-PSK 변조방식이 M-QAM 변조방식에 비해 간단하다는 장점을 가지고 있으나 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 성능면에서는 M-QAM이 M-PSK보다는 우수하다는 것을 확인하였다.

본 연구를 바탕으로 하여 앞으로는 정보신호에 코딩을 하여 실제 시스템에 적용될 수 있는 BER을 얻을 수 있도록 연구를 계속해 나갈 계획이다.

## 참고문헌

- [1] S.Swales, M.Beach, "Third Generation Wireless Networks", University of Bristol, Future Communication Systems course, April 1994.
- [2] T.S.Rappaport, "Wireless Communications Principles & Practice", IEEE Press, New York, Prentice hall, pp.399-422, 1996
- [3] R.Comerford, "Interactive Media: An Internet reality", IEEE Spectrum, pp.29-32, April 1996.
- [4] C.Kikkert, "Digital Communication Systems and their Modulation Techniques", James Cook University, October 1995.
- [5] L.Hanzo · W.Webb · T.Keller, "Single- and Multi-carrier Quadrature Amplitude Modulation ", WILEY, October 1999.