

# 멀티미디어 서비스를 위한 OFDM 과 결합된 다중 변복조 시스템 설계

공 형운, 이소동  
울산대학교 전자공학과

e-mail : [hkong@uou.ulsan.ac.kr](mailto:hkong@uou.ulsan.ac.kr) , [kolona@hanmail.net](mailto:kolona@hanmail.net)

## Design of Multi-Modulation with OFDM tech for multi-media services

Hyung-Yun Kong, So-Dong Lee  
Dept. of Electronics Engineering, Ul-san University

### 요 약

차세대 이동통신에서는 multi-media 서비스를 제공해야 하는데, 이는 다양한 종류의 고품질 데이터를 전송해야 함을 의미한다. 이를 위한 여러 방식들 중 OFDM 전송 방식은 고속 전송 뿐 만 아니라 ISI(Inter-symbol interference)에도 강한 특성을 가지기 때문에 4 세대 광대역 이동통신을 위한 변조방식중의 하나로 주목 받고 있다. 본 논문에서는 이런 OFDM 의 특징에 single modulation(OFDM 과 QPSK, OFDM 과 16QA), multi-modulation(OFDM 과(QPSK+16QAM))을 결합하여 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하였으며, 전송하고자 하는 데이터 종류와 채널환경에 따른 multi-modulation 방식을 제안 분석하였다.

### 1. 서론

오늘날의 무선 이동통신 시스템은 이동중의 사용자들에게 다양한 고품질의 multi-media 서비스를 제공해야 한다. 이러한 요구들을 충족시키기 위해 현재의 무선 이동통신 송신 시스템은 높은 capacity, 다양한 bit rate, 높은 대역효율을 제공할 수 있어야 한다. 무선 이동통신 환경에서 신호들은 보통 잡음, 페이딩, multi-path delay 등의 다양한 성분들에 의해 영향을 받는다. 이러한 채널 환경에서 신호의 크기와 ISI 는 BER 성능에 불필요한 감쇠를 가져온다. OFDM 은 이러한 multi-path 채널의 효과를 완화하는 효과적인 변조방식으로서 채널의 딜레이 현상보다 더 긴 보호구간을 삽입 함으로서 ISI 를 제거한다. 그 결과 OFDM 은 일반적으로 DAB(Digital audio broadcasting)과 DVB(Digital video broadcasting)과 같은 시스템에서 효과적인 변조 방식으로 알려져 있다.

대부분의 OFDM system 은 간단함을 위해 모든 캐리어들에 대해 고정된 변조방식을 사용한다. 그러나 OFDM system 에 있어서 각각의 캐리어들은 채널의 조

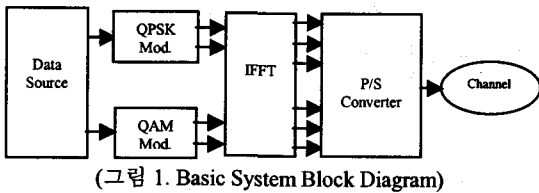
건에 따라 잠재적으로 다른 변조방식을 가질 수 있다. 즉, BPSK, QPSK, QAM 을 포함한 coherent, differential, phase, amplitude 변조방식을 가질 수 있다. 각각의 변조방식은 BER 과 전송효율 둘 사이에 trade off 를 제공한다.

멀티 변조방식의 가장 큰 목표는 채널 환경에 따라 적절한 변조방식을 선택, 결합하여 BER 성능과 전송효율을 높이는 것이다. 따라서 본 논문에서는 여러 종류의 변조방식을 가장 효과적으로 결합하여 원하는 BER 과 전송효율을 제시한다.

### 2. 시스템 원리

입력되는 데이터의 종류는 크게 음성, 이미지, 정보 데이터 3 종류로 구분할 수 있다. 여기서는 2 종류의 데이터를 구분하여 각각 다른 변조방식에 적용하여 OFDM 의 각 캐리어에 입력한다. 이것은 각 데이터가 요하는 QoS 에 맞게 변복조를 취하면 원하는 BER 성능을 얻을 수 있고, 각각 다른 변복조 방식을 이용하

여 전송 효율을 조절할 수 있다.



(그림 1. Basic System Block Diagram)

예를 들어, OFDM 의 직교 부반송파(Sub-carrier) 개수(이하 N)가 8 개라고 하자. 여기서 QPSK 를 거쳐 IFFT 단에 입력되는 개수를 K 라고 하고, 16-QAM 을 거쳐 IFFT 단에 입력되는 개수를 J 라고 하자. 그러면  $N=K+J$  라는 식이 성립된다. 즉, 그림 1 에서 보듯이 Data Source 에서 나온 데이터들이 하나의 변조방식이 아닌 두개의 변조방식(QPSK, 16-QAM) 각각으로 입력되고 변조되어 IFFT 단으로 입력된다.

OFDM 변조방식은 주파수 대역을 여러 개의 서브 채널로 나누어 직렬의 데이터를 병렬로 바꾸어 전송하는 방식이다. 이것은 병렬화 된 데이터를 서로 다른 주파수를 가지는 N 개의 직교 부반송파로 변조시켜 동시에 전송함을 말한다.

송신단에서 i 번째 block 에서 전송되는 신호는[2]

$$x_i^g(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} a_i(n) e^{j \frac{2\pi n k}{N}}, \quad \text{for } -G \leq k \leq N-1$$

G 는 guard sample 이고,  $T_s$  는 sample time 수신 단에서 수신된 신호  $r(k)$ 를 살펴보면

$$r(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{m=0}^{M-1} h_m(k) x_i^g(k - m - i(N+G)) + n(k)$$

평균 SNR 을 이용하여 16-QAM OFDM system 의 Rayleigh fading 채널환경에서 평균 BER 을 보면 다음과 같다[4].

$$P_{b,Q} = \int_0^{\infty} \left[ \frac{3}{4} Q\left(\sqrt{\frac{\gamma}{5}}\right) + \frac{1}{2} Q\left(\sqrt{\frac{9\gamma}{5}}\right) - \frac{1}{4} Q(\sqrt{5\gamma}) \right] \frac{1}{\gamma} e^{-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}} d\gamma$$

$$= \frac{3}{8} \left( 1 - \sqrt{\frac{\bar{\gamma}}{\bar{\gamma}+10}} \right) + \frac{1}{4} \left( 1 - \sqrt{\frac{9\bar{\gamma}}{9\bar{\gamma}+10}} \right) - \frac{1}{8} \left( 1 - \sqrt{\frac{5\bar{\gamma}}{5\bar{\gamma}+2}} \right)$$

QPSK 를 계산하면

$$P_e = \int_0^{\infty} Q\left(\sqrt{\frac{2\zeta E_s}{\sigma_{\beta_k}^2 + \sigma_{\sigma}^2}}\right) p_{\zeta}(\zeta) d\zeta$$

따라서

$$P_{in} = P_c + P_{b,Q}$$

$$= \int_0^{\infty} Q\left(\sqrt{\frac{2\zeta E_s}{\sigma_{\beta_k}^2 + \sigma_{\sigma}^2}}\right) p_{\zeta}(\zeta) d\zeta$$

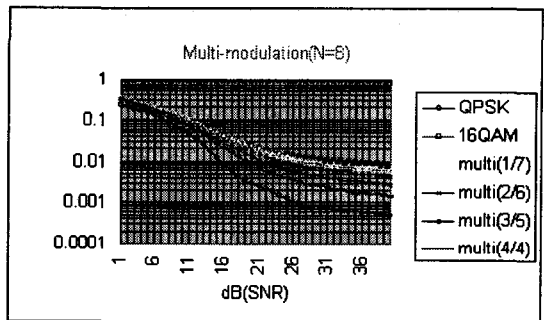
$$+ \int_0^{\infty} \left[ \frac{3}{4} Q\left(\sqrt{\frac{\gamma}{5}}\right) + \frac{1}{2} Q\left(\sqrt{\frac{9\gamma}{5}}\right) - \frac{1}{4} Q(\sqrt{5\gamma}) \right] \frac{1}{\gamma} e^{-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}} d\gamma$$

### 3. 시뮬레이션 결과 및 성능분석

아래 그림 2,3,4 는 직교 부반송파(N)의 수가 각각 8, 256, 1024 인 경우에 대해 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 BER 성능을 나타낸 것이다. 예를 들어, N=8 에서 (1:7), (2:6), (3:5)의 각 경우 왼쪽으로 갈수록 QPSK 의 수가 늘어난다. 즉, 왼쪽으로 갈수록 BER 성능이 좋아지고 각 dB(1,20,40)에서 이미지 상태도 좋아짐을 알 수 있다.

좋은 채널 환경에서는 QAM 수를 [1] 늘려 전송속도를 높이고, 나쁜 채널 환경에서는 QPSK 수를 높여 전송속도는 낮아지지만 시스템의 BER 성능을 좋게 한다.

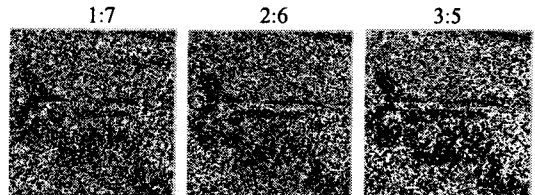
#### 1. N=8 인 경우



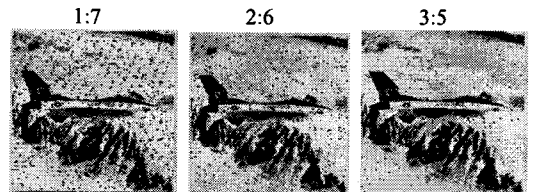
(그림 2 시뮬레이션 결과)

(QPSK : 16QAM)

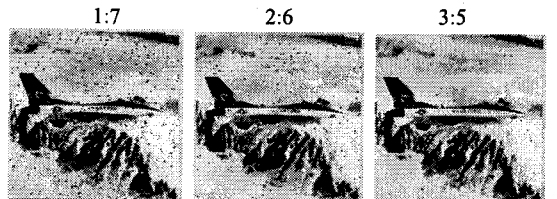
1dB



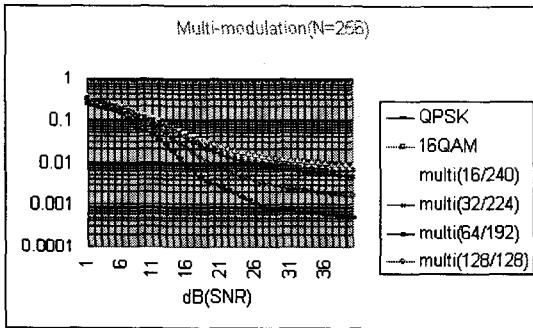
20dB



40dB

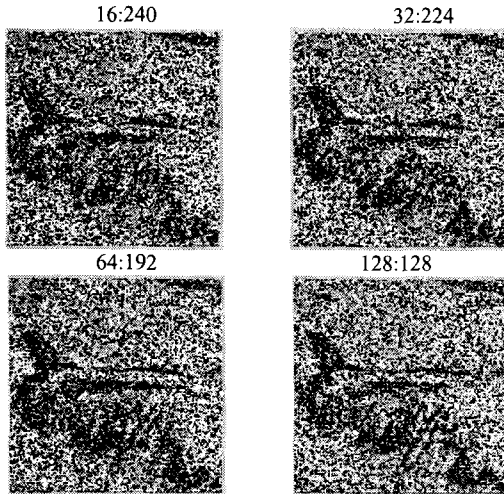


2. N=256 인 경우

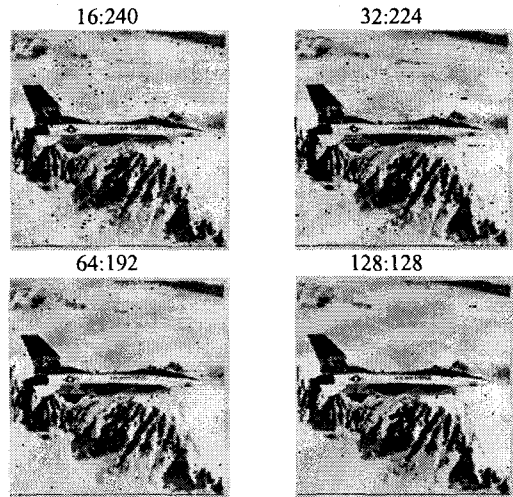


(그림 3 시뮬레이션 결과)

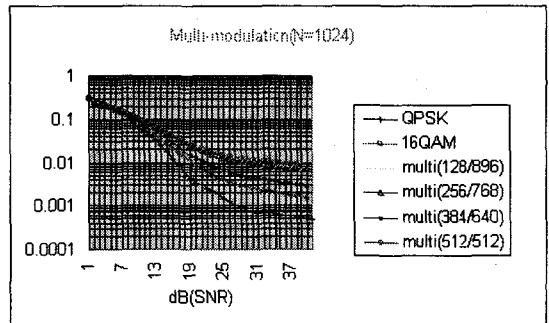
(QPSK : 16QAM)  
1dB



40dB



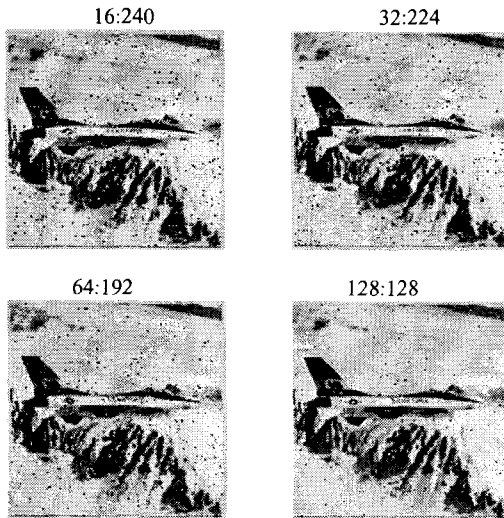
3. N=1024 인 경우



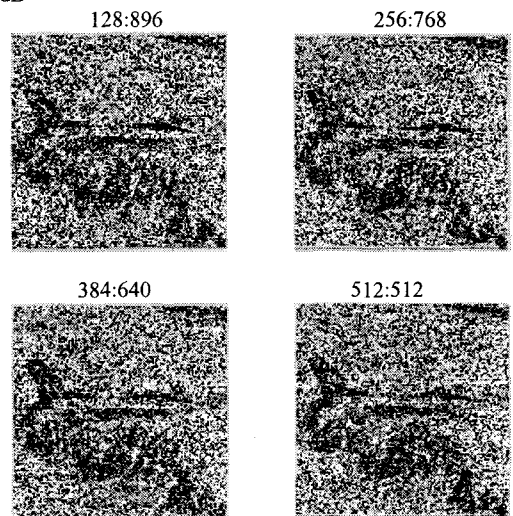
(그림 4 시뮬레이션 결과)

(QPSK : 16QAM)  
1dB

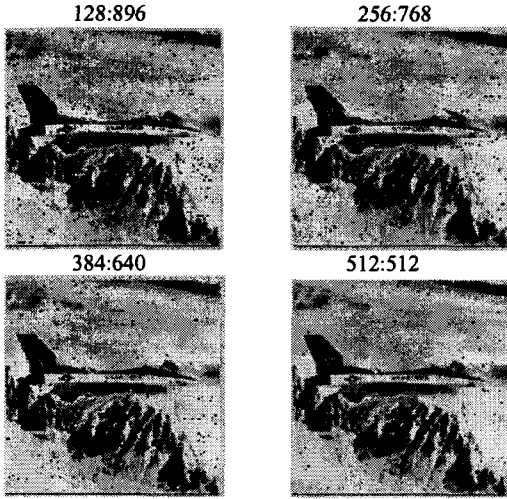
20dB



1dB



20dB



(표 1. 전송 비트 수)

QPSK (K)	8			256				1024			
	1	2	3	16	32	64	128	128	256	384	512
16-QAM (J)	7	6	5	240	224	192	128	896	768	640	512
총 전송 Bit 수 T	30	28	26	992	960	896	768	4240	3584	3328	3072

위의 표는 직교 부반송파의 개수에 따라 전송되는 총 Bit 수를 나타낸 것이다. 즉, 직교 부반송파의 개수 (N)가 8 개일 경우  $K=1$ ,  $J=7$  이고  $N=K+J=1+7=8$  를 만족한다. QPSK 1 개가 전송하는 Bit 수는  $2*1=2$  Bit, 16-QAM 7 개가 전송하는 Bit 수는  $4*7=28$  Bit 이므로 총 전송되는 Bit 수는  $T=30$  Bit 이다.

4. 결론

40dB

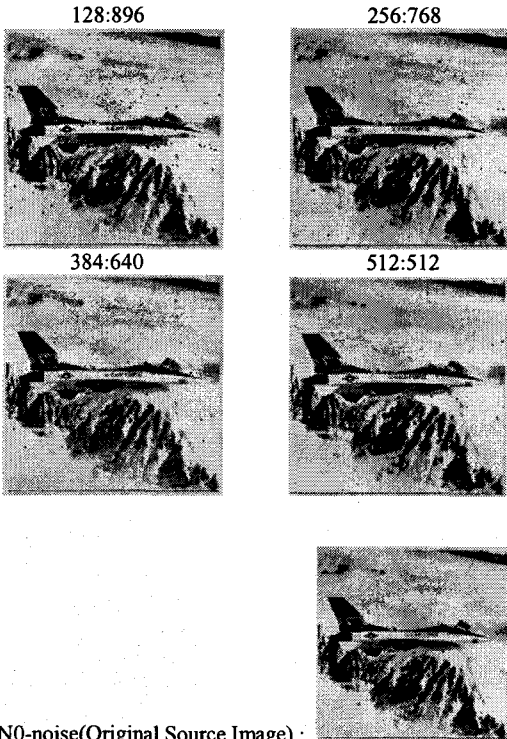


표 1 에서 알 수 있듯이 16-QAM 수가 많은 경우일 수록 전송되는 Bit 수가 늘어난다. 따라서 16-QAM 을 QPSK 보다 많이 사용한다면 높은 전송률을 요하는 경우에 사용이 가능하다. 그러나 QAM 의 BER 성능이 좋지않기 때문에 QAM 이 많이 사용될수록 BER 성능은 나빠진다. 이것은 시뮬레이션 결과를 보면 알 수 있다. 따라서 채널환경에 따라 이 둘 사이의 Trade off 관계를 따져 적절히 조절한다면 최적의 성능을 얻을 수 있다.

참고문헌

[1] Wilson, S.K.; Khayata, R.E.; Cioffi, J.M. "16 QAM modulation with orthogonal frequency division multiplexing in a Rayleigh-fading environment", Vehicular Technology Conference, 1994 IEEE 44th, 1994 Page(s): 1660 -1664 vol.3  
 [2] L. Hanzo, W.T. Webb, and T. Keller, single- and Multicarrier Modulation; Principles and Applications for Personal Communications, WLANs and Broadcasting. IEEE Press, and John Wiley & Sons, 2000.  
 [3] J. K. Cavers, "Variable-rate transmission for Rayleigh fading channels", IEEE Transactions on Communication Technology, vol. 20, no.1, pp. 15-22, 1972  
 [4] Yun Hee Kim; Iickho Song; Hong Gil Kim; Tae joo Chang; Hyung Myung Kim "Performance analysis of a coded OFDM system in time-varying multipath Rayleigh fading channels" Vehicular Technology, IEEE Transactions on, Volume: 48 Issue: 5; Sept. 1999 Page(s): 1610 □ 1615

NO-noise(Original Source Image) :

위의 시뮬레이션 결과에서도 알 수 있듯이 QAM 의 수가 늘어날수록 BER 성능은 나빠짐을 알 수 있다. 그러나 전송되는 Bit 수는 더 많아진다. 직교 부반송파의 수에 따라 QPSK 와 16-QAM 의 수를 조절할 표가 아래와 같다. [3]