

# 효율적 영상전송을 위한 혼합된 OFDM 변복조 설계 및 시스템 성능분석

이 소 동, 배 효 원, 공 형 윤  
울산대학교 전자공학과

e-mail : kolona@hanmail.net, hkong@uou.ulsan.ac.kr

## Design & Performance Analysis of Mixed OFDM- Modulation System for Efficient Image Transmission

So-Dong Lee, Hyo-Won Bae, Hyung-Yun Kong  
Dept. of Electronics Engineering, University of Ulsan

### 요 약

현재의 이동통신에서는 다양한 영상 서비스를 제공해야 하는데, 이는 여러 종류의 고품질 데이터를 전송해야 함을 의미하며, 이를 위해 4 세대 광대역 이동통신을 위한 변조방식중의 하나로 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조방식이 연구되고 있다. 본 논문에서는 OFDM의 각 직교 부반송파(Sub-carrier)들이 잠재적으로 다른 변조방식을 가질 수 있다는 특징에 single modulation(OFDM과 QPSK, OFDM과 16QAM), multi-modulation(OFDM과(QPSK+16QAM))을 결합하여 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하였고, 실제 이미지를 전송하여 전송효과를 확인하였으며, 전송하고자 하는 데이터 종류와 채널환경에 따른 다중변복조 방식을 제안 분석하였다.

### 1. 서론

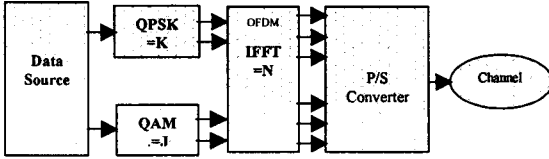
오늘날의 무선 이동통신 시스템은 이동중의 사용자들에게 다양한 고품질의 영상 서비스를 제공해야 한다. 이를 위해 현재의 무선 이동통신 시스템은 높은 용량성, 다양한 전송률, 높은 대역효율을 제공할 수 있어야 한다. 무선 이동통신 환경에서 신호들은 보통 잡음, 페이딩, 다중경로 지연 등의 다양한 성분들에 의해 영향을 받는다. 이러한 채널 환경에서 신호의 크기와 심볼 간섭은 시스템 성능에 불필요한 감소를 가져온다. OFDM은 이러한 다중경로 채널의 효과를 완화하는 효과적인 변조방식으로서 채널의 지연 현상보다 더 긴 보호구간을 삽입 함으로서 심볼 간섭을 제거한다. 그 결과 OFDM은 일반적으로 DVB(Digital video broadcasting), DAB(Digital audio broadcasting)와 같은 시스템에서 효과적인 변조방식으로 알려져 있다.

대부분의 OFDM 변조방식은 간단함을 위해 모든 직교 부반송파에 대해 고정된 변조방식을 사용한다. 그러나 OFDM에 있어서 각각의 직교 부반송파들은 채널의 조건에 따라 잠재적으로 다른 변조방식을 가질 수 있다. 즉, 이진위상편이변조(BPSK), 직교위상편이변조(QPSK), 직교진폭변조(QAM)를 포함한 가간섭성(coherence), 차동(differential), 위상(phase), 진폭(amplitude) 변조방식을 가질 수 있다. 각각의 변조방식은 비트 오류율과 전송효율 둘 사이에 trade off 관계를 가진다.

다중 변조방식의 가장 큰 목표는 채널 환경에 따라 적절한 변조방식을 선택, 결합하여 비트 오류율 성능과 전송효율을 높이는 것이다. 따라서 본 논문에서는 여러 종류의 변조방식을 가장 효과적으로 결합하여 원하는 비트 오류율과 전송효율을 제시한다.

2. 시스템 원리

영상 데이터는 크게 음성, 이미지, 정보 데이터 3 종류로 구성된다. 여기서는 2 종류의 데이터를 구분하여 각각 다른 변조방식에 적용하여 OFDM 의 각 직교 부반송파에 입력한다. 이것은 각 데이터가 요하는 서비스 품질에 맞게 변복조를 취하면 원하는 비트 오류율 성능을 얻을 수 있고, 각각 다른 변복조 방식을 이용하여 전송 효율을 조절할 수 있다.



<그림 1. 기본 시스템 블록 다이어그램 >

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

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

송신 단에서 i 번째 block 에서 전송되는 신호는[2] 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_i^e(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} a_i(n) e^{j2\pi nk} \quad , \text{ for } -G \leq k \leq N-1 \quad (1)$$

G 는 보호구간이고, T<sub>s</sub> 는 샘플 타임이다.

수신 단에서 수신된 신호 r(k)를 살펴보면 식(2)와 같다.

$$r(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{m=0}^{M-1} h_m(k) x_i^e(k-m-i(N+G))+n(k) \quad (2)$$

평균 SNR(signal to noise ratio)을 이용하여 16QAM OFDM 의 rayleigh fading 채널환경에서 평균 비트 오류율을 보면 식(3)과 같다[4].

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

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

QPSK 를 계산하면 식(4) 와 같다.

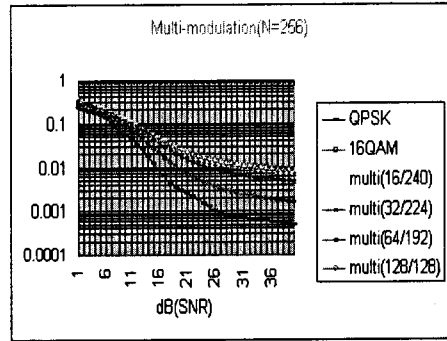
$$P_e = \int_0^{\infty} Q\left(\sqrt{\frac{2\zeta E_s}{\sigma_{\beta_i}^2 + \sigma_G^2}}\right) p_{\zeta}(\zeta) d\zeta \quad (4)$$

3. 시뮬레이션 결과 및 성능분석

아래 그림 2, 3 은 직교 부반송파(N)의 수가 각각 256, 1024 인 경우에 대해 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 비트 오류율 성능을 나타낸 것이다. 예를 들어, N=256 에서 (16:240), (32:224), (64:192), (128:128) 의 각 경우 오른쪽으로 갈수록 QPSK 의 수가 늘어난다. 즉, 오른쪽으로 갈수록 비트 오류율 성능이 좋아지고 각 dB(1,20,40)에서 이미지 상태도 좋아짐을 알 수 있다.

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

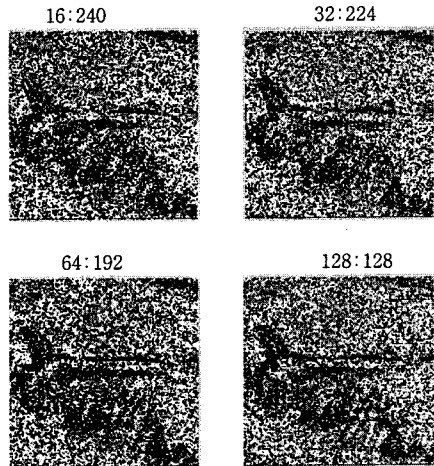
1. N=256 인 경우



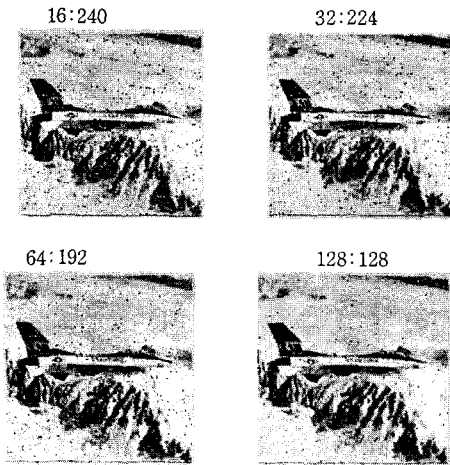
<그림 2. 시뮬레이션 결과(N=256)>

(QPSK : 16QAM)

1dB

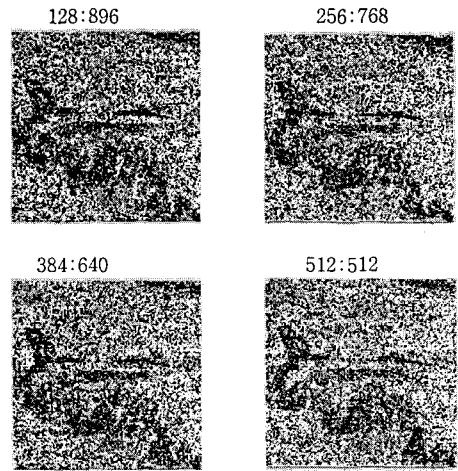


20dB

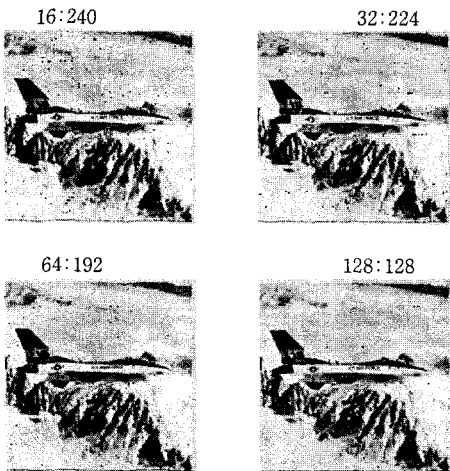


(QPSK : 16QAM)

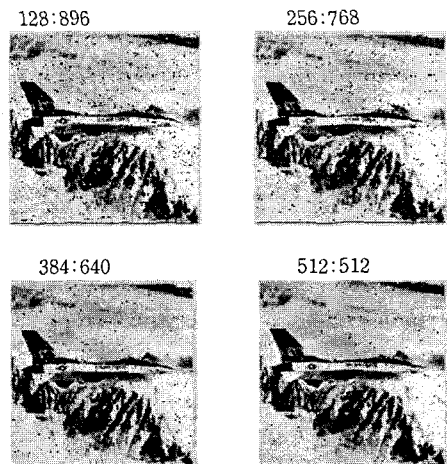
1dB



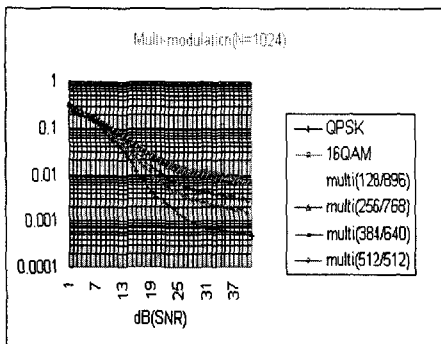
40dB



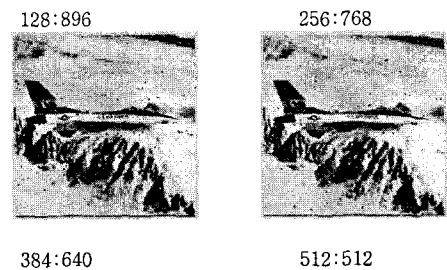
20dB



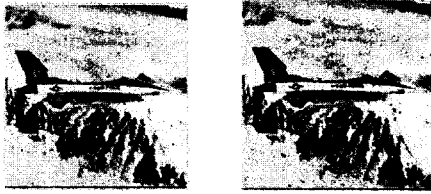
2. N=1024 인 경우



40dB



<그림 3. 시뮬레이션 결과(N=1024)>



No-noise(Original Source Image) :



위의 시물레이션 결과에서도 알 수 있듯이 QAM 의 수가 늘어날수록 비트 오류 율 성능은 나빠짐을 알 수 있다. 그러나 전송되는 비트 수는 더 많아진다. 직교 부반송파 의 수에 따라 QPSK 와 16QAM 의 수를 조절한 표가 아래와 같다[3].

<표 1. 전송 비트 수>

	256				1024			
	16	32	64	128	128	256	384	512
QPSK (K)								
16QAM (J)	240	224	192	128	896	768	640	512
총 전송 비트 수(T)	992	960	896	768	4240	3584	3328	3072

위의 표는 직교 부반송파의 개수에 따라 전송되는 총 비트 수를 나타낸 것이다. 즉, 직교 부반송파의 개수(N)가 256 개일 경우 K=16, J=240 이고  $N=K+J=16+240=256$  를 만족한다. QPSK 16 개가 전송하는 비트 수는  $2*16=32$  비트, 16QAM 240 개가 전송하는 비트 수는  $4*240=960$  비트 이므로 총 전송되는 비트 수는 T=992 비트이다.

#### 4. 결론

표 1 에서 알 수 있듯이 16QAM 수가 많은 경우일수록 전송되는 비트 수가 늘어난다. 따라서 16QAM 을 QPSK 보다 많이 사용한다면 높은 전송률을 요하는 경우에 사용이 가능하다. 그러나 QAM 의 비트 오류 율 성능이 좋지않기 때문에 QAM 이 많이 사용될수록 비트 오류 율 성능은 나빠진다. 이것은 시물레이션 결과를 보면 알 수 있다. 따라서 채널환경에 따라 이 둘 사이의 Trade off 관계를 따져 적절히 조절한다면 최적의 성능을 얻을 수 있다. 즉, 앞으로 논문의 보안할 점은 적절하게 채널측정을 하여 채널환경에 따라 적응형으로 변조방식의 결합수가 조정되도록 시스템을

구성하는 것이다. 시스템이 원하는 성능에 맞게 적절하게 조절, 결합한다면 최적의 성능을 얻을 수 있을 것이다.

#### 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; Ickho 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