

# 멀티미디어 통신을 위한 적응형 OFDM 시스템에 관한 연구

강도욱\* · 강희조\*\*

\*동신대학교 전기전자공학과 · \*\*목원대학교 IT공학부

## A Study on the Adaptive OFDM System for Multimedia Communications

Do-Wook Kang\* · Heau-Jo Kang\*\*

\*Dept. of Electrical & Electronic Eng., Dongshin Univ. · \*\*Dept. of IT Eng., Mokwon Univ.

E-mail : douk78@korea.com

### 요약

본 논문에서는 Matlab Tool을 이용하여 적응변조 OFDM 시스템 GUI 시뮬레이터를 설계하였다. 설계된 시뮬레이터를 이용하여 적응변조 기법을 위한 채널 추정 알고리즘과 무선 채널환경에서 시스템에 미치는 영향을 분석하고 추정된 결과를 이용하여 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템의 성능을 BER과 성좌도를 통하여 분석한다. 분석결과, 기존의 고정된 변조 방식을 사용하는 시스템인 경우 고속의 데이터 전송을 위해 높은 지수의 변조모드(64QAM)를 사용함으로써 채널 환경에 민감하게 심볼오류 발생률이 증가함을 알 수 있었다. 하지만 채널상태에 따라 가변을 취하는 적응변조 OFDM 시스템의 경우 64QAM방식에 비해 ( $BER=10^{-2}$ )를 기준으로 약 8dB 성능의 이득이 있음을 알 수 있고 적응형 등화기를 적용함에 따라 왜곡을 받은 신호 파형의 보상이 가능함을 알 수 있다. 무수한 장애의 요인을 갖은 무선 채널환경에서 효율적인 데이터 전송을 위해 적응변조시스템이 요구되어짐을 알 수 있었다.

### 키워드

Adaptive Modulation, OFDM, Multimedia Communications

## 1. 서론

정보화 사회의 확산과 급변하는 디지털 환경 속에서 무선 채널을 통한 고속 및 양질의 음성, 데이터 영상을 동시에 수용하는 멀티미디어 통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1],[2]. 기존의 통신시스템의 경우 다중경로 페이딩 환경속에서 요구하는 품질을 만족하기 위해 변조 다차수가 작은 변조방식이 고정적으로 이용되어 왔다. 최근 멀티미디어 통신을 위한 고속 데이터 전송 환경에서도 안정적인 수신 서비스 품질을 보장하기 위한 방안으로 채널 환경에 따라 송신 전력 및 전송률을 제어함으로써 안정적인 서비스 품질을 유지하고 전송률을 최대로 할 수 있는 적응 변조방식이 연구되고 있다[3]-[5].

본 논문에서는 적응변조기법을 적용한 시스템을 모델링하여 다중 경로 페이딩 환경에서 시스템 성능을 분석하였다. 또한, 성능개선기법으로 적응형 등화기를 적용하였으며 Matlab Tool을 이용하여 적응변조 OFDM 시스템 GUI 시뮬레이터를 설계하였다. 설계된 시뮬레이터를 이용하여 적응변조

기법을 위한 채널 추정 알고리즘과 무선 채널환경에서 시스템에 미치는 영향을 분석하고 추정된 결과를 이용하여 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템의 성능을 BER과 성좌도를 통하여 분석한다.

II장에서는 고려된 시스템 모델과 적응형 등화기를 기술하고 III장에서는 다중경로 페이딩 환경에서 각 변조방식별 성능 분석하고 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 마지막으로 IV에서 결론을 맺는다.

## II. 적응변조 OFDM 시스템

### 1. 등화기를 적용한 시스템 모델

그림 1은 본 논문에서 고려한 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템의 블록도이다. 송신단에서 입력 데이터는 스크램블링되고 길쌈 부호기와 인터리버를 거쳐서 부반송파로 변조되고 4개의 파일럿 톤이 데이터 부반송파에 더해져서 송

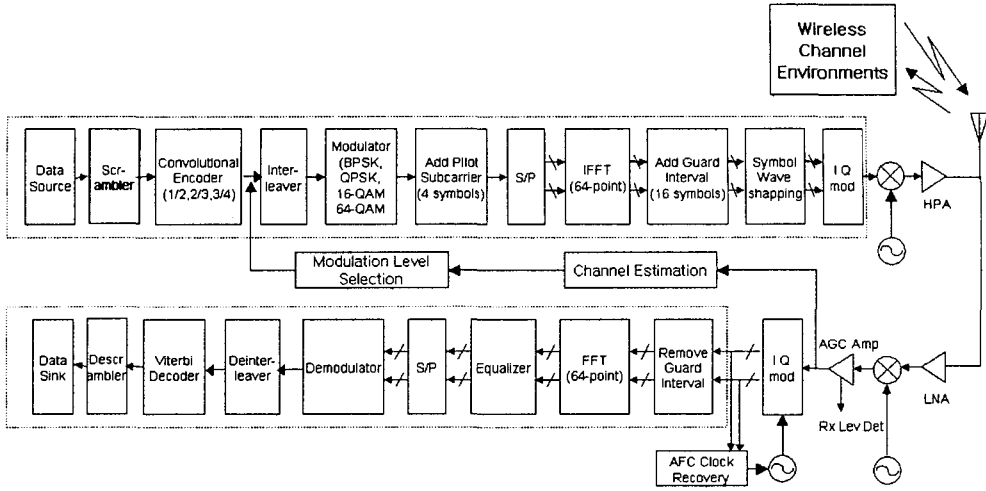


그림 1. 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템

52개의 부반송파가 IFFT를 통과하여 하나의 OFDM 심볼을 형성하며, 여기에 보호구간을 삽입한 뒤 전송하게 된다. 이때 전송률에 따라서 각기 다른 부호율, 인터리빙 크기 및 변조방식을 갖게 된다. 고품질 데이터 전송에 있어서 채널 환경에 따라 6Mbps~54Mbps의 가변 전송률을 제공할 수 있게 되어 있으며, 이를 위해 BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM의 다양한 변조 방식과 부호율 1/2, 2/3, 3/4의 컨벌루션 부호를 사용한다. 또한 육내환경에서의 다중경로 지연을 고려하여 보호구간(GI : Guard Interval)을  $0.8\mu s$ 로 하고 이때의 심볼 주기를  $4\mu s$ 로 하여 20MHz의 대역폭을 사용하게 한다. 본 논문에서 고려한 적응변조 OFDM 시스템과 같은 패킷 전송 시스템에 있어서의 채널에 특은 OFDM 심볼들로 구성된 프리엠블을 사용한다. 패킷의 프리엠블은 모든 데이터값을 미리 알고 있는 두 개의 긴 훈련심볼로 구성된다. 긴 훈련심볼의 주기는 FFT 주기와 같은  $3.2\mu s$ 이며,  $1.6\mu s$ 의 보호구간(GI2)이 더해져서 총  $8\mu s$ 가 된다. 긴 훈련심볼의 보호구간은 데이터 OFDM 심볼 보호구간의 2배에 해당하며, IFFT 출력의 마지막 샘플을 순환 확장하여 사용한다.

다중경로 페이딩에 의해 왜곡된 두 개의 수신된 긴 훈련 심볼 데이터는 지연확산을 추정하기 위해 이미 알고 있는 두 개의 긴 훈련 심볼과 비교한다.

2. 본 논문에 고려된 적응형 등화기

그림 2에 나타난 등화 필터부 내의 탭 이득이  $F_i(t) = (i = 0, 1, 2, \dots)$ 로 나타낸 탭은  $F_0(t)$ 로 표현된 센터 타입으로부터 현재까지는 미래의 데이터를 합성하기 위한 탭이고 피드 포워드 타입(FF)이라고 부른다.

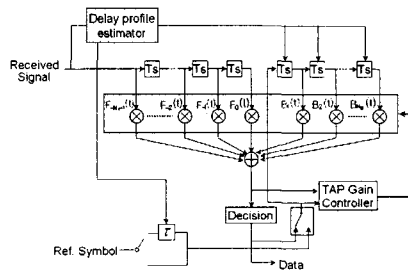


그림 2. 적응형 등화기

$B_i = (i = 1, 2, \dots)$ 로 표현되는 탭은 센터 탭에서 보면 과거의 데이터를 합성하기 위한 탭이고 이를 피드백(FB)라 부른다. 여기서 FB 탭에는 통산적으로는 데이터의 판정치가 입력되지만 등화기의 초기 설정에 있어서는 탭 이득의 고속화를 위해 패킷 중에 사용되는 두 개의 긴 훈련 심볼을 사용한다.

수신 신호를 시간 계열에 따라서 등화를 행하는 전방 등화와 수신신호를 시간 계열의 역순으로 행하여 가는 후방 등화를 행한다.

III. 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템 분석

본 논문에서는 전송 품질의 열화 없이 고속의 데이터 전송을 실현하는 적응변조 OFDM 시스템의 성능 분석을 위해 GUI 시뮬레이터를 설계하였다.

그림 3과 그림 4는 무선채널 환경에서 페이딩의 영향을 받아 수신된 신호의 성좌점과 적응형 등화기를 적용하여 보상시킨 경우의 수신 신호 성좌점

을 보여주고 있다.

긴 훈련심볼을 통해 추정된 주파수 응답계수를 IFFT함으로써 시간축상에서 지연프로파일의 추정 이 가능하고 IFFT의 결과로 적응형 등화기에 적용될 초기 등화계수를 적용함으로써 채널환경에 따라 왜곡을 받은 신호파형의 보상이 가능함을 알 수 있다. 그림 3과 그림 4에 나타난 적응변조 OFDM 시뮬레이터는 모든 전송률과 부호율이 고려되고 채널 특성에 따라 가변을 취하는 적응변조 모드로 고려되어 있다. 이외에도 채널 환경으로서 AWGN 환경과 다중경로 페이딩 환경을 선택적으로 고려할 수 있도록 되어 있으며, 다중경로 수를 설정하게끔 고려되어 있다. 주파수 오프셋 보상 알고리즘과 채널 예측기 및 본 논문에서 고려한 적응형 등화기의 구동 여부를 선택할 수 있게 제공된다.

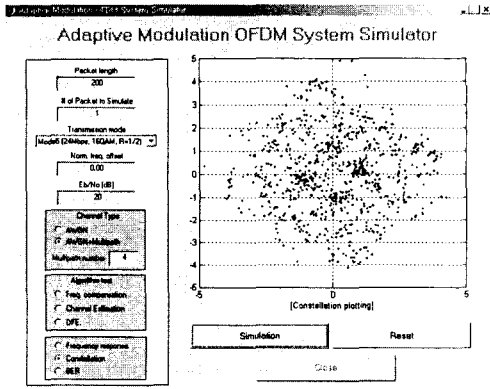


그림 3. OFDM/16QAM 시스템에서의 성좌점 시뮬레이션 (Multipath fading, Eb/No=20dB)

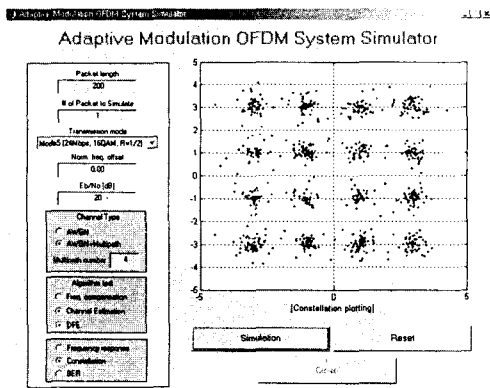


그림 4. OFDM/16QAM 시스템에서 등화기 적용 후의 성좌점 시뮬레이션 (Multipath fading, Eb/No=20dB)

그림 5는 무선 채널 환경에서 적응형 등화기를 적용한 각 변조 모드와 전송률에 따른 시스템 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 고속의 데이터 전송을 위해 높은 지수의 변조모드(64QAM)를 사

용하는 시스템인 경우 채널 환경에 민감하게 심볼 오류 발생률이 급격히 증가함을 알 수 있었다.

그림 6은 무선채널에서 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템과 54Mbps의 전송속도를 갖는 OFDM/64QAM 시스템의 성능을 비교 분석하였다. 채널상태에 따라 가변을 취하는 적응변조 OFDM 시스템의 경우 64QAM방식에 비해 (BER=10<sup>-2</sup>)를 기준으로 약 8dB 성능의 이득이 있음을 알 수 있었고 25dB 이상의 SNR에서는 시스템 성능의 개선이 나타나지 않았다.

그림 7에서는 적응변조 OFDM 시스템의 전송 효율을 나타냈다. 기준 (BER=10<sup>-3</sup>)을 만족하는 적응변조 OFDM 시스템은 다중경로 페이딩의 영향으로 인해 전송률의 열화가 일어나지만 순시적으로 변화하는 채널환경에서 효율적인 데이터 전송이 가능함을 알 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM의 변조방식을 사용하는 적응변조 OFDM 시스템을 모델로 적응형 등화기를 적용하였을 때 성능의 개선을 보였고 Matlab Tool을 이용하여 적응변조 OFDM 시스템 GUI 시뮬레이터를 설계하였다. 설계된 시뮬레이터를 이용하여 적응변조 기법을 위한 채널 추정 알고리즘과 무선 채널환경에서 시스템에 미치는 영향을 분석하고 추정된 결과를 이용하여 적응형 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템의 성능을 BER과 성좌도를 통하여 분석했다. 분석 결과에 의하면, 기존의 고정된 변조 방식을 고려한 시스템인 경우 채널 상태에 관계없이 평균 전송율이 고정되고 고속의 데이터 전송을 위해 높은 지수의 변조모드(64QAM)를 사용하는 시스템인 경우 채널 환경에 민감하게 심볼오류 발생률이 급격히 증가함을 알 수 있었다. 하지만 채널상태에 따라 가변을 취하는 적응변조 OFDM 시스템의 경우 64QAM방식에 비해 (BER=10<sup>-2</sup>)를 기준으로 약 8dB 성능의 이득이 있음을 알 수 있고 적응형 등화기를 적용함에 따라 왜곡을 받은 신호 파형의 보상이 가능함을 알 수 있다.

이러한 결과를 토대로 무수한 장애의 요인을 갖은 무선 채널환경에서 적응변조 기법을 적용하고 적응형 등화기를 적용함에 따라 요구하는 오류 확률을 만족하였고 효율적인 데이터 전송이 가능함을 예측할 수 있었다.

본 과제(결과물)는 정보통신부의 출연금 등으로 수행한 정보통신연구개발사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] Y. Sakamoto, M. Morimoto, M. Okada, and S. Komaki, "A wireless multimedia communication system using hierarchical modulation", IEICE Trans. Commun., vol. E81-B, no. 12, Dec. 1998.
- [2] S. Sampei, S. Komaki, and N. Morinaga, "Adaptive modulation/TDMA scheme for large capacity personal multi-media communication systems," IEICE Trans. Commun., vol.E77-B, no.9 Sep, 1994.
- [3] M. Alouini, X. Tang, and A. Goldsmith, "An adaptive modulation scheme for simultaneous voice and data transmission over fading channels," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol.17, no.5, pp.837-850, May, 1999.
- [4] H. Harada, T. Yamamura, Y. Kamio, and M. Fujise, "Adaptive modulated OFDM radio transmission scheme using a new channel estimation method for future broadband mobile communication systems," IEICE Trans. Commun., vol.E85-B, no.12 Dec. 2002.
- [5] I. Koo, Y. Lee, and K. Kim, "Performance analysis of CDMA systems with adaptive modulation scheme," IEICE Trans. Commun., vol.E86-B, no.1 Jan. 2003.

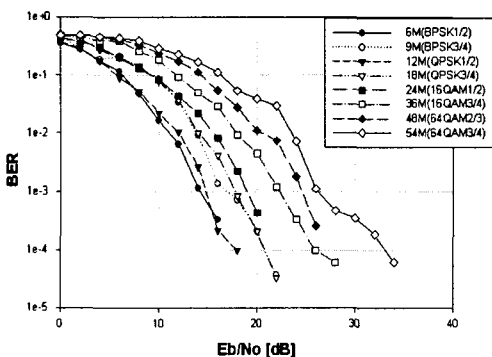


그림 5. 적응형 등화기를 적용한 각 변조 모드 별 시스템 BER 성능

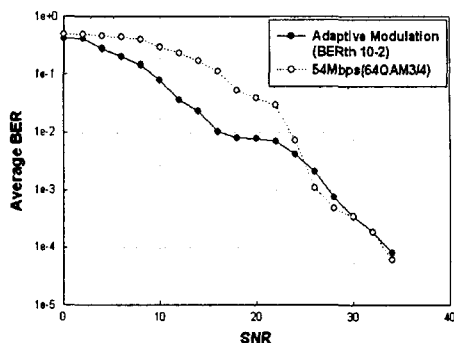


그림 6. 무선채널에서 제안된 등화기를 적용한 적응변조 OFDM 시스템의 성능

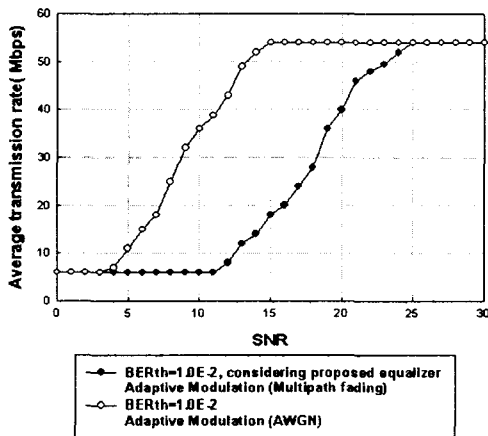


그림7. 적응변조 OFDM 시스템에서 전송효율