

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.4.15

JIWIT 2012-4-3

16-QAM 신호에 대한 병렬 구조와 단일 구조를 갖는 MCMA-MDD 적응 등화기의 성능 평가

The Performance Evaluation of Parallel and Single Structure MCMA-MDD Adaptive Equalizer for 16-QAM Signal

임승각*

Seung-Gag Lim

요 약 본 논문에서는 시분산 채널에서 발생하는 진폭과 위상 찌그러짐을 보상하기 위한 적응 등화 알고리즘에서 MCMA와 MDD를 병렬 구조로 구현한 PMCMA-MDD (Paralled Modified Constant Modulus Algorithm-Modified Decision Directed)와 단일 구조로 구현한 DW-MCMA (Dual Weight-Modified Constant Modulus Algorithm)의 성능을 비교, 평가하였다. 이들 알고리즘은 기본적으로 MCMA와 RCA의 축소 신호점을 이용하는 비용 함수를 적용하여 빠른 수렴 속도와 적은 잔류 isi를 얻을 수 있다. 구조적으로 PMCMA-MDD 알고리즘은 2개의 독립적인 등화 필터를 병렬로 사용하며 DW-MCMA 알고리즘은 1개의 등화 필터를 이용하여 2번에 걸쳐 탭 계수를 갱신한다. 2가지 알고리즘에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 수신측에서 복원된 신호 정상도, 잔류 isi 특성 곡선에 의한 수렴 시간과 수렴 속도, 정규화 MSE 및 주어진 시분산 채널의 신호대 잡음비에서 SER (Symbol Error Rate) 등의 성능을 비교하였으며, 시뮬레이션 결과 모든 성능에서 PMCMA-MDD가 DW-MCMA보다 우월함을 알 수 있었다.

Abstract This paper deals with the performance comparison and evaluation of blind adaptive equalizer, the PMCMA-MDD and DW-MCMA, that is used for compensation of the amplitude and phase distortion which occurs in the time dispersive channel. Basically, these algorithms are modification of MCMA cost function in order to obtain the fast convergence speed and reduced residual isi by taking the parallel and serial double structured and the combination of the concept of RCA for the updating the tap coefficient. We implements the algorithm of it and compare the recovered constellation, residual isi, MSE characteristics curve and SER in the signal to noise ratio given the time dispersive channel. As a result of simulation, the PMCMA-MDD has a good in recovered constellation than DW-MCMA. But in the SER, the DW-MCMA has a good than PMCMA-MDD.

Key Words : MCMA, RCA, residual isi, Dispersion Constant, PMCMA-MDD, DW-MCMA

1. 서 론

유선과 무선 통신의 시 분산 (time dispersive) 채널에

서 다중 경로와 대역 제한 (Band Limit) 현상에 의해 발생하는 군 지연 특성과 경로 간 지연 시간의 차이에 의해 발생하는 페이딩에 의해 수신 신호는 진폭과 위상이 찌

*정회원, 공주대학교 정보통신공학부 정보통신공학
접수일자 2012년 5월 31일, 수정완료 : 2012년 7월 1일
게재확정일자 : 2012년 8월 10일

Received: 31 May 2012 / Revised: 1 July 2012 /

Accepted: 10 August 2012

**Corresponding Author: sglim@kongju.ac.kr

Dept. of Information and Communication, Kongju National
University, Korea

그러지게 되며 이로 인해 디지털 전송에서는 이전 부호의 영향이 다음 부호의 결정에 영향을 주는 부호간 간섭의 원인이 된다. 이로 인하여 심볼 오류율 (SER : Symbol Error Rate)이 증가되므로 오류 제어 부호화가 필요하게 되며^[1], 송수신국간 동기 이탈의 원인이 되어 전송 효율을 저하시키는 주된 원인이 된다. 부호간 간섭의 영향을 경감시키기 위하여 최적 송수신 필터의 설계, 상관 부호화 (Correlative Coding) 기법이 사용될 수 있지만, 전자의 경우 채널의 상태와 환경이 가변적이어서 현실적으로는 불가능하며, 후자의 경우 과도한 송신 전력 요구되는 문제점이 있다. 이와 같은 한계를 극복하기 위해서는 수신기에서 적응 등화기 (Adaptive Equalizer)를 사용하는 것이다^{[2][7]}. 적응 등화기는 송수신측간 상호 약속에 의한 학습열 (Training Sequence)을 송수신측에서 일정 시간마다 전송하고 수신측에서는 이를 수신한 후 채널의 역전달 특성을 계산하여 등화기 필터의 계수를 갱신하여 부호간 간섭을 최소화시킬 수 있다. 그러나 학습열의 전송에 의한 시간적인 overhead와 전송 대역폭의 낭비, 전송 효율 저하등이 발생하므로 학습열 없이 신호를 수신하면서 역 전달 특성을 계산하여 자동적으로 계수를 갱신할 수 있는 블라인드 적응 등화기 (Blind Adaptive Equalizer)가 널리 사용되고 있다^{[6][7]}. 그러나 블라인드 적응 등화기는 학습열을 이용하는 등화기에 비해 수렴 속도와 잔류 isi량의 성능 지수에서는 열화되는 문제점이 있으므로 이들을 개선시키기 위한 다양한 알고리즘이 등장하고 있으며^[10] 대표적인 예로서 MCMA (Modified Constant Modulus Algorithm)를 들 수 있다. MCMA는 비교적 간단한 알고리즘으로 구현할 수 있으면서 기본적인 CMA 알고리즘이 갖는 진폭만 보상할 수 있지만 위상은 보상하지 못하는 한계점을 극복하기 위해 Oh K.N등이 최초로 제안하였다. MCMA는 CMA 알고리즘을 실수와 허수부로 나누어 처리 하여 진폭과 위상의 복원이 가능토록 연구하였으며, S.Barbarossa등은 CMA의 비용 함수를 개선하여 CMA 오차항과 AME (Alphabet Matching Error) 오차항으로 구성되는 2개의 오차항의 가중치 합으로 표현하는 새로운 MCMA (Modified Constant Modulus Algorithm)를 제안하기도 하였다. 또한 RCA (Reduce Constellation Algorithm) 알고리즘은 MCMA의 진폭과 위상 보상 능력을 더욱 개선할 수 있지만, 수렴성이 좋지 못한 단점이 있다^{[3][4]}. 본 논문에서는 Oh K.N.등이 제안한 MCMA 구조에 RCA 개

념인 Coordinate Reduction을 적용하는 MCMA-MDD 방식의 알고리즘에 대한 성능을 비교 분석하였다. 이때 MCMA부와 MDD부가 병렬 구조를 갖는 PMCMA-MDD와 이들이 단일 구조를 갖는 1개의 등화 필터에 적용되는 DW-MCMA 등화기의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교하였으며 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 등화기를 사용하는 기저 대역 통신 모델과 Constellation Reduction의 개념과 PMCMA-MDD와 DW-MCMA에 대하여 설명한다. 3장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 환경과 파라미터 값의 정의 및 적응 등화기의 성능 지수인 복원 정상도, MSE, 잔류 isi 분포 및 SER 등에 대한 시뮬레이션 결과를 제시하고, 마지막으로 4장에서는 결론을 내리겠다.

II. 본 론

1. 기저 대역 통신 시스템 모델

그림 1은 기저 대역의 신호 처리를 수행하는 통신 시스템의 모델을 나타낸 것이다. 송수신측에서 기저 대역 신호 I_k 를 전송하면 임펄스 응답이 h_k 인 채널을 통하여 수신측에 전달된다. 이때 채널에서는 찌그러짐에 의한 부호간 간섭과 백색 가우시안 잡음이 부가된다. 이와 같이 수신 신호는 블라인드 적응 등화기 (blind adaptive equalizer)를 나타내는 계수가 f_k 인 디지털 필터를 통과시켜 부호간 간섭을 최소화한 후 결정 장치를 통해 송신 신호를 추정하게 된다. 이때 적응 등화기의 계수는 PMCMA-MDD 또는 DW-MCMA 알고리즘에 의해 자동적으로 갱신될 수 있도록 구성된다. 주파수 영역에서는 채널의 임펄스 응답 h_k 의 푸리에 변환치를 $H(\omega)$, 등화기의 디지털 필터 계수 f_k 의 푸리에 변환치를 $F(\omega)$ 라하면 다음의 관계가 성립된다.

$$H(\omega) \cdot F(\omega) = 1 \quad (1)$$

단 지연 시간은 무시하였다. 즉 채널과 등화기의 종합 주파수 특성은 1이 되어 모든 주파수 성분을 그대로 통과시키게 되어 수신측에서 송신 신호를 추정할 수 있게 된다.

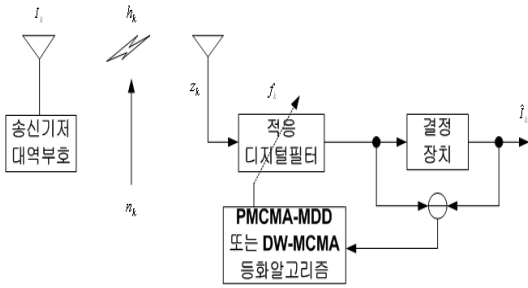


그림 1. 기저 대역 통신 시스템 모델
Fig. 1. Baseband communication system model

2. Constellation Reduction 개념

PMCMMA-MDD 와 DW-MCMA 등화 알고리즘은 기존의 CMA 알고리즘과 RCA 알고리즘을 결합한 형태이며, 비용 함수를 계산을 위해서는 Coordinate Reduction 개념을 이용하게 된다^[7]. 그림 2는 16-QAM 신호에 대한 영 오차 윤곽선을 나타낸 것으로서 기존 CMA에서는 반지름이 R16 인 원이 존재하지만 이를 4-QAM 신호로 축소 한 후에는 반지름이 R4 인 원이 존재한다. R16 의 원으로 16개의 신호점을 모두 담당할 수 없지만 R4 의 원으로는 4개의 신호점을 모두 담당할 수 있게 되어 Coordinate Reduction을 적용하면 채널이 완전 등화시 오류 함수를 기존의 CMA 보다 개선시켜 수렴 속도 및 낮은 MSE양을 얻을 수 있다.

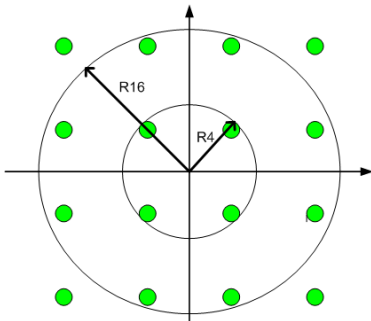


그림 2. CMA 와 축소 신호점의 Modulus
Fig. 2. Modulus of CMA and Reduced Constellation

16-QAM 신호 $X = [\pm 1 \pm j, \pm 1 \pm 3j, \pm 3 \pm j, \pm 3 \pm 3j]$ 의 값을 가지므로 이를 4-QAM 신호 $Y = [\pm 1 \pm j]$ 의 축소된 신호점으로 변환하기위해 식(2)을 적용하여 적용 등화를 위한 비용 함수에 적용한다.

$$Y = [X_r - 2 \text{sign}(X_r)] + j [X_i - 2 \text{sign}(X_i)] \quad (2)$$

3. PMCMMA-MDD

그림 3은 그림 1의 기저 대역 모델에서 PMCMMA-MDD 알고리즘을 적용하기위한 등화기의 내부 구조를 나타낸 것이다. 구조상으로는 MCMA 알고리즘을 적용하는 $f_c(k)$ 가 실수부와 허수부로 준비되어 있으며, MDD(Modified Decision Directed)를 위한 $f_d(k)$ 의 2개 적응 필터가 병렬로 연결되어 사용되고 있으며 이들의 계수를 다음과 같이 정의하자.

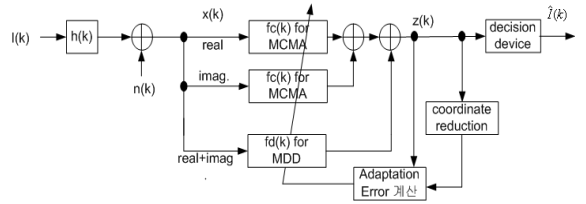


그림 3. PMCMMA-MDD의 구조
Fig. 3. Structure of PMCMMA-MDD

$$f_c(k) = [f_{c,0}(k), f_{c,1}(k), \dots, f_{c,N-1}(k)] \quad (3)$$

$$f_d(k) = [f_{d,0}(k), f_{d,1}(k), \dots, f_{d,N-1}(k)]$$

먼저 개량된 MCMA의 동작을 위해서 CMA 알고리즘의 비용 함수 J_{CMA} 와 오차 신호 $e(k)$ 는 다음과 같이 쓸 수 있으며, 여기서 R^2 은 dispersion constant를 나타낸다.

$$J_{CMA} = E[e(k)]^2$$

$$e(k) = |z(k)|^2 - R^2, \quad R^2 = \frac{E[|I(k)|^4]}{E[|I(k)|^2]^2} \quad (4)$$

그러나 앞 절에서 설명되어진 Coordinate Reduction 개념을 적용하면 PMCMMA-MDD의 오차 신호와 dispersion constant 및 비용 함수는 다음과 같이 된다.

$$e'(k) = |[z_r(k) - 2 \text{sign}(z_r(k))] + j [z_i(k) - 2 \text{sign}(z_i(k))]| - R'^2 \quad (5)$$

$$R'^2 = \frac{E[|[I_r(k) - 2 \text{sign}(I_r(k))] + j [I_i(k) - 2 \text{sign}(I_i(k))]|^4]}{E[|[I_r(k) - 2 \text{sign}(I_r(k))] + j [I_i(k) - 2 \text{sign}(I_i(k))]|^2]^2}$$

$$J'_{PMCMMA-MDD} = E[e'(k)]^2$$

여기서 $z_r(k), z_i(k)$ 는 등화기 출력인 $z(k)$ 의 실수부와 허수부를 나타내며, $I_r(k), I_i(k)$ 는 송신 심볼인

$I(k)$ 의 실수부와 허수부를 각각 나타낸다. 이들을 이용하여 MCMA 부의 필터 계수 $f_c(k)$ 의 실수부와 허수부는 다음의 Stochastic Gradient 기법을 이용하여 다음의 식과 같이 갱신한다.

$$f_c(k+1) = f_c(k) - \mu_c x^*(k) [z(k) - 2 \text{sign}(z_r(k)) - j 2 \text{sign}(z_i(k))] \quad (6)$$

또한 기존의 등화기에서는 DD (Decision Direct)부는 등화 되어진 출력 신호를 이용하여 “1” 또는 “0”을 발생시키기 위하여 사용되지만, 본 논문에서의 MDD부는 위상의 변화 없이 Coordinate Reduction된 신호점에서 원래의 신호점으로 복원하여 DD 기능을 수행하며 등화기의 탭 계수 갱신에 사용키 위한 다음의 추정 오차를 발생시킨다.

$$e'_D(k) = [z_r(k) - 2 \text{sign}(z_r(k)) + j [z_i(k) - 2 \text{sign}(z_i(k))] - I(\hat{k})] \quad (7)$$

MDD부의 필터 계수 $f_d(k)$ 는.

$$f_d(k+1) = f_d(k) - \mu_D x^*(k) e_D(k) \quad (8)$$

로 갱신시키므로 식(6) 과 (8)을 이용하면 등화기의 출력은 다음과 같이 된다.

$$z(k) = x^T(k) f_c(k) + x^T(k) f_d(k) \quad (9)$$

여기서 μ_c, μ_d 는 MCMA와 MDD부의 적응 스텝 크기를 나타낸다.

4. DW-MCMA

그림 4는 DW-MCMA 알고리즘을 적용하기위한 등화기 내부의 구조를 나타낸 것이다. DW-MCMA의 구조는 MCMA 알고리즘을 적용하는 $f_c(k)$ 와 MDD 알고리즘을 적용하는 $f_d(k)$ 가 실수부와 허수부로 나뉘어 단일 구조의 2중 적응 필터가 사용된다. 먼저 MCMA부의 $f_c(k)$ 를 식 (3)과 같이 정의하자. DW-MCMA 알고리즘에서도 Coordinate Reduction 기법을 적용하므로 식 (2)가 적용된다. 이와 같은 과정을 통해 모든 신호들은 동

일한 단위원의 위치에 나타나게 되며, 원래 CMA의 비용 함수, dispersion constant 및 비용 함수는 다음과 같은 새로운 형태가 된다.

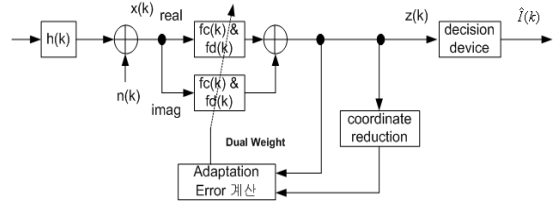


그림 4. DW-MCMA의 구조
Fig. 4. Structure of DW-MCMA

$$e_c(k) = |[z_r(k) - 2 \text{sign}(z_r(k))] + j [z_i(k) - 2 \text{sign}(z_i(k))] - R'^2| \quad (10)$$

$$e_d(k) = [z_r(k) * (|z_r(k)|^2 - R'^2) + j [z_i(k) * (|z_i(k)|^2 - R'^2)]$$

$$R'^2 = \frac{E[|I_r(k) - 2 \text{sign}(I_r(k)) + j [I_i(k) - 2 \text{sign}(I_i(k))]|^4]}{E[|I_r(k) - 2 \text{sign}(I_r(k)) + j [I_i(k) - 2 \text{sign}(I_i(k))]|^2]}$$

$$J'_{DW-MCMA} = E[e_c(k) + e_d(k)]^2$$

여기서 $z_r(k), z_i(k)$ 는 $z(k)$ 및 $z_r(\hat{k}), z_i(\hat{k})$ 는 축소된 $z(k)$ 의 실수와 허수부를 각각 나타내며 $e_c(k)$ 는 축소된 신호점에대한 오차, $e_d(k)$ 는 위상을 보정하기 위한 오차를 나타낸다. 이들을 이용하여 MCMA 부와 MDD부의 필터 계수 $f_c(k+1)$ 과 $f_c(k+2)$ 는 다음의 Stochastic Gradient 기법을 이용하여 갱신한다.

$$f_c(k+1) = f_c(k) - \mu x^*(k) z^*(k) e_c(k) \quad (11)$$

$$f_c(k+2) = f_c(k+1) - \mu x^*(k) e_d(k)$$

이와 같이 PMCMA-MDD 나 DW-MCMA 알고리즘은 축소 신호점을 이용한 2중 등화 필터 또는 2번에 걸쳐 갱신하므로 기존의 CMA 보다 빠른 수렴 속도와 개선된 MSE양을 보장한다.

III. 컴퓨터 시뮬레이션 및 결과

MCMA-MDD를 구현하는데 있어서 병렬 구조와 단일 구조를 갖는 등화기인 PMCMA-MDD 와 DW-

MCMA 적응 등화 알고리즘의 성능을 비교, 확인하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 파라미터로는 신호대 잡음비를 30dB, 적응 스텝의 크기를 PMCMA-MDD는 $\mu_c = 0.00035, \mu_d = 0.003$ 이었으며, DW-MCMA는 $\mu_c = \mu_d = 0.0015$ 로 설정하였고 17차 FIR 필터로 MCMA부와 MDD부에 적용하였다. 표 1은 시분산 통신 채널을 나타내는 계수 $h(k)$ 의 값이며, 그림 5는 시뮬레이션을 위한 신호 흐름도를 나타낸 것이다. 송신측에서는 16000개의 16-QAM 기저 대역 신호의 Inphase 와 Quadrature 성분을 발생시킨 후 이를 복소수 형태로 조합하여 송신 신호로 사용하였으며 표 1의 통신 채널 계수와 convolution한 후 원하는 신호대 잡음비를 갖도록 잡음을 발생시켜 부가한 후 수신 신호를 얻었다. 이들 신호는 그림 3과 4의 $x(k)$ 가 된 후 이를 이용하여 PMCMA-MDD 알고리즘과 DW-MCMA 알고리즘으로 처리한 후 복원된 신호로부터 등화기 성능을 나타내는 잔류 isi, 복원 정상도, 정규화 MSE 및 SER을 계산하였다.

표 1. 통신 채널의 계수

Table 1. Coefficient of communication channel

필터	계수값
$h(0)$	$-0.005-j0.004$
$h(1)$	$0.009+j0.03$
$h(2)$	$-0.024-j0.104$
$h(3)$	$0.854+j0.52$
$h(4)$	$-0.218+j0.273$
$h(5)$	$0.049-j0.074$
$h(6)$	$-0.016+j0.02$

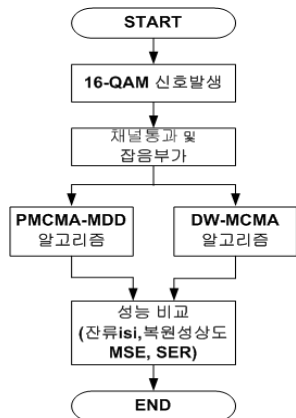


그림 5. 신호 처리도

Fig. 5. Flowdiagram of signal processing

그림 6 은 신호대 잡음비가 30dB, 표 1 의 채널을 통과 하여 수신측에 수신되는 16-QAM 신호의 정상도를 나타 낸 것이다. 채널에서 부가되는 부호간 간섭과 위상의 혼 들림이 발생되어 신호점들을 구분할 수 없으며 전체적으 로 위상 회전이 발생하였고 이를 적응 등화기의 입력 신 호로 사용한다. 그림 7과 8은 이 신호를 PMCMA-MDD 와 DW-MCMA 알고리즘의 입력 신호로 적용할 때 등화 기 출력에서의 복원 신호 정상도를 신호대 잡음비가 15dB와 30dB 일때를 나타낸 것이다. 2 가지 방식 모두 16 개의 신호점을 구별할 수 있을 정도로 채널에서 발생되 는 부호간 간섭을 제거함을 알 수 있으나 PMCMA-MDD의 신호점의 폭이 DW-MCMA 보다 적게 되며, 신 호대 잡음비가 증가되면 신호점의 폭이 더욱 적게 되어 등화기 출력인 복원 정상도에서도 성능의 우월함을 알 수 있다.

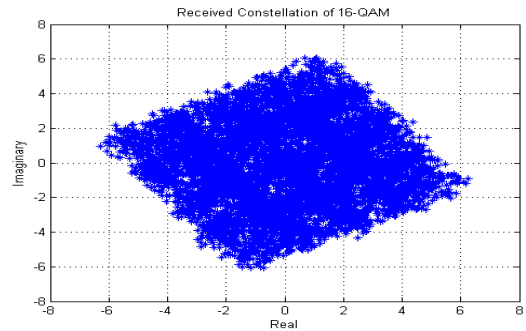
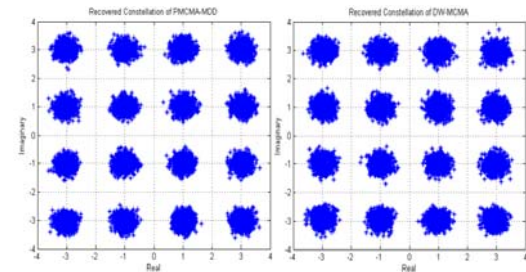


그림 6. 수신 신호 정상도

Fig. 6. Constellation of received signal



(a) PMCMA-MDD

(b) DW-MCMA

그림 7. 복원 정상도(신호대 잡음비 15dB)

Fig. 7. Recovered Constellation(SNR 15dB)

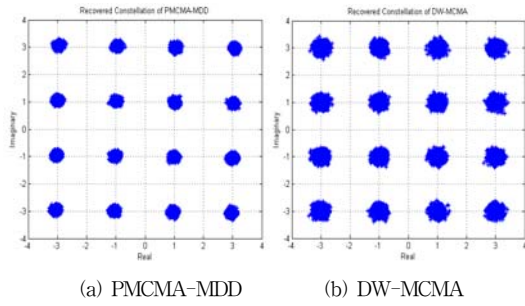


그림 8. 복원 성상도(신호대 잡음비 30dB)
Fig. 8. Recovered constellation(SNR 30dB)

2 번째 성능 비교를 위한 지수로 잔류 isi 분포를 사용하였으며 이는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{잔류 isi}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left[\frac{\sum_i |h(k)*f(k)|^2 - |h(k)*f(k)|_{\text{max}}^2}{|h(k)*f(k)|_{\text{max}}^2} \right] \quad (12)$$

이는 이상적인 등화기가 주파수 영역에서 식(1)의 조건을 만족해야 함은 시간 영역에서는 채널 계수와 등화기 계수의 convolution 결과는 임펄스 함수가 되어야 하지만, 실제로는 이상적이지 못하므로 그들의 잔류양을 나타내며 이를 그림 9에 나타내었다. 2 가지 알고리즘의 비교 결과 -25dB 이하의 정상 상태에 도달하기 위한 수렴 속도에서는 DW-MCMA와 PMCMA-MDD가 대략 2800회 정도로 유사하지만, 그 이후부터는 PMCMA-MDD가 DW-MCMA 보다 잔류량이 적어짐을 알 수 있다.

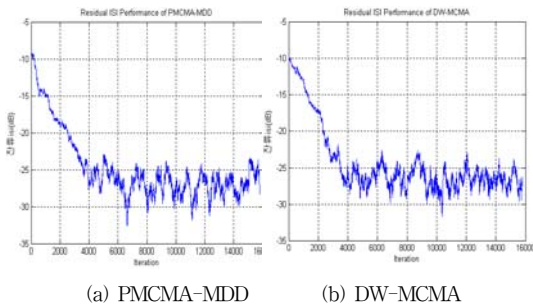


그림 9. 잔류 isi 성능
Fig. 9. Performance of residual isi

MSE 성능은 송신 신호 $I(k)$ 와 수신 복원 신호 $\hat{I}(k)$ 의 진폭 차이의 개념을 가지며 정규화된 MSE 양을 그림 10에 나타내었다. 이의 특성에서도 DW-MCMA의 경우 초기에는 약간의 불안정한 상태를 가지는 단점이 있지만, 전체적으로 PMCMA-MDD가 적은 값을 가지며, 그 성능의 변화량도 적게되어 우월함을 알 수 있다.

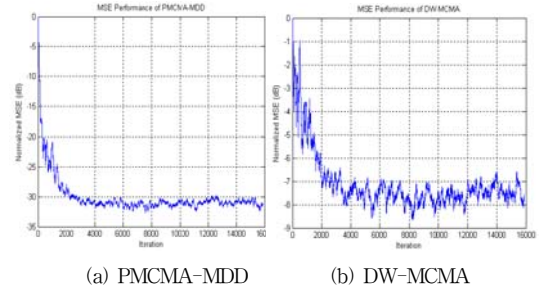


그림 10. MSE 성능
Fig. 10. Performance of MSE

표 2는 그림 8과 9의 평균과 분산을 나타낸 것이다. 잔류 isi와 MSE에서 PMCMA-MDD가 우월함을 알 수 있다. 이는 PMCMA-MDD는 2개의 등화 필터 $f_c(k)$ 와 MDD 필터 $f_d(k)$ 가 병렬로 연결되는 반면 DW-MCMA에서는 한 개의 필터로 MCMA부와 MDD부를 동시에 갱신하여 사용하기 때문에 등화 성능이 열화되는 것으로 판단된다.

표 2. 잔류 isi와 MSE의 통계치
Table 2. Statistics of residual isi & MSE

	잔류 isi		MSE	
PMCMA-MDD	평균	0.0077	평균	0.0034
	분산	2.7646e-4	분산	8.2198e-4
DW-MCMA	평균	0.0086	평균	0.2039
	분산	3.0422e-4	분산	0.0077

마지막 성능 비교를 위한 지수로는 채널의 신호대 잡음비에 따른 SER (Symbol Error Rate)을 그림 11에 나타내었다. 이를 위하여 통신 채널에서 부가되는 신호대 잡음비를 0dB에서 11dB까지 변화시키면서 40000개의 송신 신호를 10회 montecarlo 시뮬레이션을 수행한 후 이들의 평균값을 나타낸 것이다. 신호대 잡음비가 낮은 경우 이들의 성능 차이는 적지만, 신호대 잡음비가 8dB 이상이

되는 경우에는 PMCMA-MDD가 DW-MCMA보다 성능이 우월해져서 SER이 10^{-3} 인 경우 PMCMA-MDD가 DW-MCMA보다 0.5dB의 등화 이득을 얻을 수 있다.

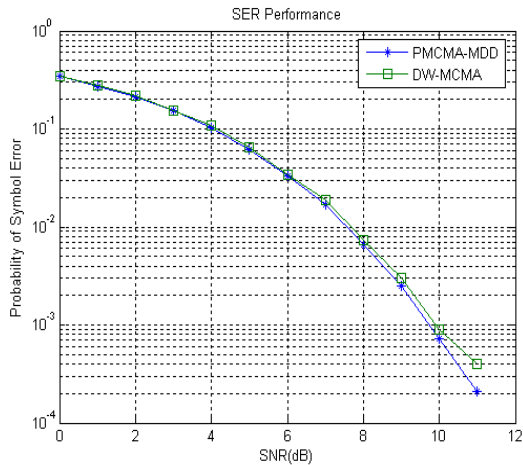


그림 11. SER 성능
Fig. 11. Performance of SER

V. 결론

논문에서는 시 분산 채널에서 발생하는 찌그러짐을 보상할 수 있는 적응 등화기인 MCMA와 MDD를 조합한 PMCMA-MDD와 DW-MCMA 알고리즘의 성능을 비교, 평가하였다. 이들의 기본 개념은 CMA 계열인 MCMA와 축소 신호점 개념을 이용한 RCA를 조합하여 시분산 채널에서 발생하는 부호간 간섭의 영향을 더욱 줄이면서 진폭과 위상을 동시 복원할 수 있다. MCMA부와 MDD부를 병렬로 접속하는 PMCMA-MDD와 이들을 단일 구조에 적용시킨 DW-MCMA로 나누어 이들의 성능을 평가하였다. 성능의 비교 결과 모든 지수에서 PMCMA-MDD가 DW-MCMA보다 우월하였다. 그러나 정상 상태에 이르기 위한 수렴 속도는 비슷함을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 시 분산 채널을 통한 다양한 정보 전송 시 발생하는 부호간 간섭을 줄이기 위한 간단한 CMA 계열이 등장하고 있으므로, 이들의 성능을 더욱 개선시켜 고속 전송에도 적용할 수 있는 알고리즘에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] W.Q.Tan, X.W.Zhang et.al., "Parallel Blind Equalizer Suitable for QAM Signal", 2009 Second Asia-Pacific Conf. on C.I.I.A., pp.317~320, Vol.1, 2009
- [2] L.He, S.A.Kassam, "Convergence analysis of blind equalization algorithms using constellation matching", IEEE Trans. on Com., Vol.56, No.11, pp.1765~1768, Nov. 2008
- [3] W.Rao, H.J.Xu et.al., "Joint Blind Equalization and Detection of QAM and PAM Transmission", Proc. on Microwave and Millimeter Wave Technology, pp.1248~1251, 2010
- [4] W.Rao, K.M.Yuan et.al., "A Simple constant modulus algorithm for blind equalization suitable for 16-QAM Signal", 9th Int. conf. on signal processing, pp.1963~1966, 2008
- [5] J.S.Yoon, S.G.Lim, "Performance Improvement of MCMA Equalizer with Parallel Structure", Jour. of I.W.I.T., Vol.11, No.5, pp.27~33, Oct. 2011
- [6] J.S.Yoon, S.G.Lim, "The Performance Improvement of MCMA Adaptive Equalizer in 16-QAM Signal using Dual Weight Vector", Jour. of I.W.I.T., Vol.11, No.6, pp.41~47, Dec. 2011
- [7] S.G.Lim, D.S.Kang, "The performance Improvement of CMA Blind Adaptive Equalizer Using the Constellation Matching Method", Jour. of I.W.I.T., Vol.10, No.2, pp.121~127, Feb. 2010
- [8] F.C.C.De Castro, M.C.F.De Castro, D.S.Arantes, "Concurrent Blind Deconvolution for Channel Equalization", ICC'2001, Vol.2, pp.366~371, June 2001
- [9] W.Rao, K.M.Yuan et. al., "A Simple Constant Modulus Algorithm for Blind Equalization Suitable for 16-QAM Signal", ICSP2008 Proc., Vol.2, pp.1963~1966, 2008
- [10] K.N.Oh, "A Design of Error Signals Effective for Blind Equalization Both of Initial Phase and Steady State", Journal of K.I.I.T, Vol.10, No.8, pp.53~58, Aug. 2012]

※ 이 논문은 2012년 공주대학교 학술연구 지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

저자 소개

임 승 각



- 1983년 : 숭실대학교 전자공학과 학사 졸업.
- 1985년 : 경희대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업.
- 1997년 : 경희대학교 대학원 전자공학과 박사 졸업
- 2003년 ~ 현재 : 공주대학교 정보통신공학부 교수.

신공학부 교수.

<주관심분야 : 통신/방송시스템, 이동통신>