

QAM 복조용 삼중 모드 채널 등화 알고리즘

위정화*, 황유모*
 명지대학교 정보제어공학과*

Triple-mode Blind Equalization Algorithm for QAM Demodulation

Junghwa Wui, Humor Hwang
 Dept. of Information Control Eng. Myong-Ji University

Abstract - We propose a robust blind equalization algorithm based on dual-mode algorithm which incorporates a stop-and-go technique. The constant modulus algorithm(CMA) exhibits very slow convergence when applied to QAM signals and generates phase error. We show that convergence properties of the dual-mode MCMA can be significantly improved by simply adding a stop-and-go technique. To speed up the convergence rate, the TMA-MCMA operates in triple mode that is based on the dual-mode of the MCMA incorporated with the tap-updating control modes of the SGA.

리고 빠른 수렴을 위해 정상상태의 단계에서 DD(decision directed)모드로 전환되는 dual-mode MCMA도 제안되었다.⁽⁵⁾

본 논문에서 제안한 알고리즘은 잘못된 방향으로 계수 갱신을 막기 위해 실수부와 허수부로 분리된 DD에러의 부호와 Godard에러의 부호를 비교하여 계수 갱신을 하는 Triple-Mode MCMA(TMA-MCMA)이다.

2. 본 론

2.1 자력복구 채널등화 알고리즘

그림 1은 채널등화기를 구성하는 기저대역 등가 모델이다. 여기서 a_n 은 복소 전송심볼, x_n 은 채널등화기 입

1. 서 론

디지털 무선 통신에서 송신된 신호는 통신채널(공중)을 거치면서 건물이나 지형에 의한 전송경로차와 시간에 따른 채널의 환경변화로 인해 생기는 송신 신호간에 간섭(Intersymbol Interference : ISI)이 유발되고 부가잡음이 섞인다. 이러한 채널의 비이상적인 특성은 신호 통과대역의 주파수 왜곡과 비선형적인 위상 특성으로 나타난다. 즉, 수신기에서는 왜곡이 심한 신호를 받게 되고 이것을 송신단에서 보낸 원신호를 정확히 복구하기 위해서는 채널에 의한 신호의 왜곡을 보상해 주어야만 한다.

이러한 역할을 하는 것이 등화기로서 신호전송 채널의 주파수 특성을 되도록 전 통과대역에서 일정한 이득을 가지도록 보상해 주는 역할을 한다. 특히 지상방송과 같은 공중파 방송은 고층건물등의 영향을 많이 받기 때문에 등화기의 역할이 중요하다 하겠다. 제한된 디지털 통신 채널 대역폭으로 인한 ISI를 줄이기 위해 훈련열(training sequence)를 이용한 채널등화기를 사용하는 데 이는 구현의 용이 및 빠른 채널 초기화의 이점이 있지만 다중 경로 페이딩등에 의해 채널상황이 악화되는 경우에는 훈련열을 사용하지 않고 수신 심볼에만 의존하는 자력복구 채널등화(blind equalization)만큼 급격한 채널 상황변화에 잘 대응하지 못하는 것으로 알려져 있다. 이러한 단점으로 인해 훈련열을 사용하지 않는 자력복구 채널등화기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 여러 가지 알고리즘이 제안되었다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾

본 논문은 dual-mode 알고리즘에 stop-and-go 기술을 이용한 자력복구 채널등화 알고리즘을 제안한다.⁽⁶⁾ Godard⁽²⁾에 의해 제안된 Constant Modulus Algorithm(CMA)는 QAM신호에서 느리게 수렴하고 또한 수렴후에 위상오차가 발생한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 최근 CMA의 비용함수를 실수부와 허수부로 분리하여 계수 갱신을 따로 처리하는 Modified CMA(MCMA)가 제안되었다.⁽⁵⁾ 그

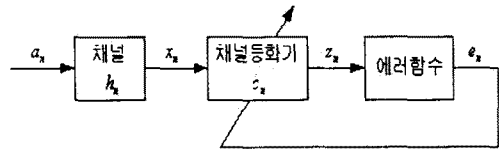


그림 1. 채널등화기의 기저대역 등가모델

력, 그리고 h_n 은 채널 임펄스 응답을 나타낸다. 채널 등화기 출력은 복소신호로서 다음과 같다.

$$z_n = \underline{c}_n^T \underline{x}_n \quad (1)$$

여기서 \underline{c}_n 은 채널등화기 계수벡터이다.

자력복구 채널등화기 계수는 에러비용함수 e_n 을 최소화 하도록 식(2)의 LMS 알고리즘에 의해 선정되는데 그 에러비용함수 채널 등화기 출력과 각 알고리즘에 따라 다르게 결정된다. 여기서 e_n 은 채널 등화 알고리즘의 에러비용 함수에 따라 다르게 선정된다.

$$\underline{c}_{n+1} = \underline{c}_n - \alpha e_n \underline{x}_n^* \quad (2)$$

CMA 등화 방식은 심볼간 간섭이 약한 채널 상황에서 잘 동작하지만 전송된 심볼에 대한 사전 정보가 별로 없는 ad-hoc방식에 의해 발생한 제어 신호를 이용해서 채널 등화를 수행할 뿐 아니라 위상 복구와 독립적으로 채널 등화를 하기 때문에 적은 위상 왜곡에도 잘 대응하지 못한다는 단점이 있다.

최근 CMA의 위상 에러 성능을 향상시키기 위해 채널 등화기의 실수부와 허수부 계수 갱신을 따로 처리하는

MCMA는 위상 에러를 어느 정도 복구할 수 있지만 충분히 수렴한 후에도 여전히 큰 잔류 에러값이 있어 채널 등화 성능에 문제가 되고 있다.

G. Prati⁽³⁾ 등은 채널 등화 성능을 향상시키기 위해 확률적으로 결정된 에러가 실제 에러와 같을 확률이 높을때에만 계수를 갱신하는 Stop-and-Go Algorithm(SGA)를 제안했는데 이 알고리즘에서는 실제 에러의 추정값을 구하는데 필요한 상수 β_n 값을 채널 상태에 따라 다르게 선정해야 하는 문제점을 갖고 있다.

2.2 제안된 새로운 알고리즘

본 알고리즘은 잘못된 방향으로의 계수 갱신을 중단하기 위하여 세가지 모드에서 동작하는 자력복구 채널등화 알고리즘이다. 여기서 제안하고자 하는 SGA를 바탕으로 한 TMA-MCMA에서는 SGA의 계수 갱신 제어방법을 이용하여 등화기 탭 계수 갱신을 위한 에러함수를 식(3)과 식(4)와 같이 선정한다.

$$e_{n,R} = \begin{cases} e^D_{n,R}, & z_{n,R} \in D_{k,R} \text{ and } f_n = 1 \\ e^G_{n,R}, & z_{n,R} \notin \cup D_{k,R} \text{ and } f_n = 1 \\ 0, & f_n = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$e_{n,I} = \begin{cases} e^D_{n,I}, & z_{n,I} \in D_{k,I} \text{ and } f_n = 1 \\ e^G_{n,I}, & z_{n,I} \notin \cup D_{k,I} \text{ and } f_n = 1 \\ 0, & f_n = 0 \end{cases} \quad (4)$$

등화기 출력이 결정영역 D_k 에 포함되면 DD에러 e^D_n 를 이용하고 그렇지 않으면 Godard의 CMA 에러 e^G_n 를 이용하는데, 단 DD에러가 실제 에러와 같을 확률이 높은 경우에만 계수를 갱신하고 그렇지 않은 경우에는 계수갱신을 중단하기 위해서 e^D_n 의 부호와 e^G_n 의 부호가 같으면 계수갱신을 수행하고 다르면 계수갱신을 중단한다.

식(3)과 식(4)에서 f_n 은 다음과 같다.

$$f_n = \begin{cases} 1, & \text{if } \text{sgn } e^D_n = \text{sgn } e^G_n \\ 0, & \text{if } \text{sgn } e^D_n \neq \text{sgn } e^G_n \end{cases} \quad (5)$$

식(3)과 식(4)의 에러함수를 사용한 본 알고리즘에서는 등화기 계수갱신을 다음과 같이 수행한다.

$$\underline{c}_{n+1} = \underline{c}_n - af_n e^G_n x_n^*, \quad z_n \notin \cup D_k \quad (6)$$

$$\underline{c}_{n+1} = \underline{c}_n - af_n e^D_n x_n^*, \quad z_n \in D_k \quad (7)$$

제안한 알고리즘에서는 등화기 출력이 D_k 영역내에 포함 되는지에 상관없이 먼저 e^D_n 의 부호와 e^G_n 의 부호가 같은 영역내에 포함 되어야만 계수를 갱신하게 된다. 일단 이 영역에 포함이 되면 그 중에서 D_k 범위에 포함되는지 안되는지에 따라서 DD모드 혹은 dual-mode MCMA를 사용하여 등화기 계수를 갱신하게 된다.

3. 결 론

본 논문에서 제안한 TMA-MCMA에서는 기존의 SGA의 등화기 계수 제어방법과 dual-mode MCMA의 에러함수를 혼합한 새로운 에러함수를 사용하므로써 채널

널상황이 급격히 악화될 경우 잘못된 방향으로의 등화기 계수갱신을 중단하여 수렴속도를 향상시킨다. 16-QAM 수신 데이터에 적용하여 시뮬레이션 한 결과 채널등화 후 신호성좌 및 심볼에러율 면에서 dual-mode MCMA보다 성능이 우수했다.

제안한 알고리즘의 성능평가를 위하여 10.76MHz의 전송 심볼율을 갖는 16-QAM 시스템을 고려하였다. 그림 2는 G. Prati의 SGA논문에서 사용한 채널 임펄스 응답이다. 그리고 SNR이 20dB가 되도록 백색 가우시안 채널 노이즈를 고려하였다.

그림 3은 수신신호와 채널등화 후의 신호성좌를 나타내며 그림 4는 iteration수에 따른 각 알고리즘의 mean square error(MSE)값을 나타낸다.

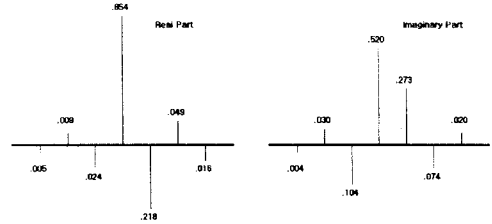
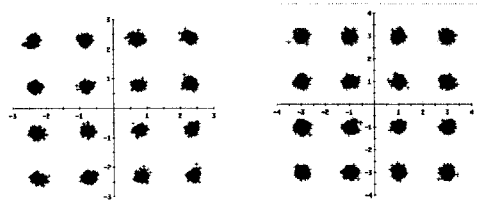


그림 2. 채널 임펄스 응답



(a) 수신 신호.

(b) CMA 적용.



(c)dual-mode MCMA

(d)TMA-MCMA 적용

그림 3. 채널등화 후의 신호성좌

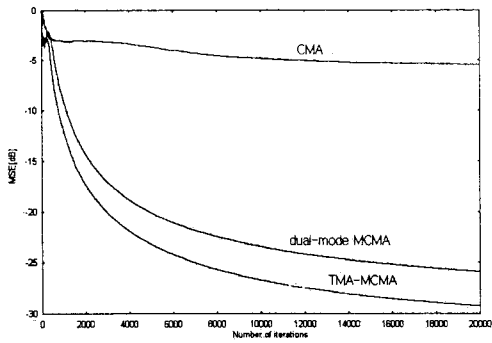


그림 4. iteration 수에 따른 MSE[dB]

[참 고 문 헌]

- [1] A. Benveniste and M. Goursat, "Blind Equalizers", IEEE Trans. Comm., vol. Com-23, pp. 871-883, Aug., 1984
- [2] D. Gordard, "Self-recovering equalization and carrier tracking in two-dimensional data communication systems", IEEE Trans. Comm. vol. COM-35, pp. 1867-1875, Nov., 1980
- [3] G. Picchi and G. Prati, "Blind Equalization and Carrier Recovery Using a "Stop-and-Go" Decision-Directed Algorithm", IEEE Trans. Comm. vol. COM-35, pp. 877-887, Sep., 1987
- [4] V. Weerackody and S. A. Kassam, "Dual-mode type algorithm for blind equalization", IEEE Trans. Comm., vol. COM-42, no. 6, pp 22-28, Jan. 1994
- [5] K. N. Oh and Y. O. Chin, "New blind equalization techniques based on constant modulus algorithm", Proc. 1995 IEEE GLOBECOM, Singapore, pp. 865-869, Nov., 1995
- [6] Ching-Hsiang Tseng and Cheng-Bin Lin, "A Stop-and-Go Dual-Mode Algorithm for Blind Equalization", Proc. Globecom '96, pp. 1427-1431.