

# ATSC 지상파 DTV 시스템에서 지능형 양자화기를 가지는 하이브리드 영역 블록 등화기의 수신 성능 분석

이유리 \*, 이영준 \*, 박성익\*\*, 김흥묵\*\*, 김형남 \*  
 \*부산대학교 전자전기공학과, \* 한국전자통신연구원  
 \*hnkim@pusan.ac.kr

**초록:** ATSC 지상파 DTV 전송 방식에서는 다중 경로 채널로 인한 신호왜곡을 보상하기 위해 사용되는 시간영역 등화기는 시간 지연이 매우 긴 채널의 경우, 요구되는 연산량이 매우 크게 증가하는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 주파수 영역에서 등화를 수행하는 하이브리드 영역 등화기가 제안되었으나, 정확한 간섭 신호 및 채널 추정을 위해 반복연산을 수행해야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 반복연산의 수행을 방지하기 위해, 보다 정확한 수신 신호 추정을 위한 지능형 양자화기를 가지는 하이브리드 영역 등화기를 제안한다. 모의실험 결과, 제안된 하이브리드 등화기는 반복연산을 수행하지 않으면서, 반복 수행하는 기존의 하이브리드 영역 등화기와 거의 동일한 수신 성능을 가짐을 확인할 수 있다.

**주제어:** ATSC DTV, hybrid domain equalizer, intelligent slicer

## I. 서론

국내 지상파 방송 표준인 ATSC DTV 전송 방식은 단일 주파수(Single Carrier, SC) 변조를 사용하여 신호를 전송하며, 다중 경로 채널로 인한 신호 왜곡을 보상하기 위해 시간 영역 등화기를 사용한다. 시간 영역 등화기는 오랜 연구의 결과로 뛰어난 등화 성능을 가지지만, 시간 지연이 매우 긴 채널 환경에서는 채널 등화에 필요한 필터의 탭 수가 크게 증가함에 따라 요구되는 연산량이 크게 증가하게 된다 [1], [2].

이러한 문제를 해결하기 위하여, 단일 주파수 전송 방식에서 주파수 영역 등화 (Frequency Domain Equalization) 방식과 시간 영역 간섭 제거 방식이 결합된 하이브리드 영역 등화기가 제안되었다 [2]. 하지만 제안된 등화기는 간섭 신호 및 채널 추정을 정확하게 수행하기 위해, 반복적인 연산을 수행하여야 하며, 이러한 반복적인 연산은 하이브리드 영역 등화기의 구현을 방해하는 요소로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 기존 하이브리드 영역 등화기의 반복 연산을 줄이기 위하여 수신 신호 추정의 정확도를 높이는 지능형 양자화기를

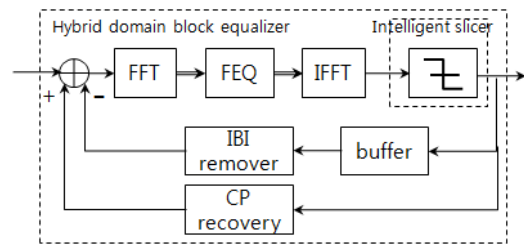


그림 1. 제안하는 지능형 양자화기를 가지는 하이브리드 영역 블록 등화기의 구조.

가지는 하이브리드 영역 블록 등화기를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안하는 등화기 구조와 동작 원리를 설명하고, III장에서는 모의실험을 통해 기존 하이브리드 영역 등화기와 제안하는 하이브리드 영역 등화기의 성능을 비교한다. 마지막으로 IV장에서는 결론을 맺는다.

## II. 지능형 양자화기를 가지는 하이브리드 영역 등화기

본 논문에서 제안하는 지능형 양자화기를 가지는 하이브리드 영역 등화기의 구조는 그림 1과 같다. 등화기의 입력으로 수신된 시간 영역 신호는 IBI (Inter Block Interference)가 제거되고, CP (Cyclic prefix)가 복원되어 블록 단위로 주파수 영역 신호로 변환된다. 주파수 영역으로 변환된 입력 신호는 추정된 채널 정보를 바탕으로 주파수 영역에서 등화 과정을 거친 후, 시간 영역 신호로 변환된다. 등화기를 통해 복원된 신호는 지능형 양자화기를 거쳐 추정된 송신 신호로서 IBI 제거기 및 CP 복원기에 사용된다. 등화 과정 및 지능형 양자화기에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

### 1. 하이브리드 영역 등화기[2]

ATSC 지상파 DTV 시스템에서 주파수 영역 등화를 수행하여 다중 경로 채널의 영향을 제거하는 경우, 다음과 같은 두 가지 문제가 발생한다. 첫째, 블록 단위의 연산 수행으로 이전 블록의 신호가 현재 블록에 영향을 미치는 블록 간 간섭 (IBI: Inter Block Interference) 이다. 둘째, 주파수 영역 신호처리를 위한 DFT (Discrete Fourier Transform) 연산에 필요한 CP (Cyclic Prefix)의 부재이다. 다중 경로 채널을  $\mathbf{H}$ , 전송된 신호를  $\mathbf{x}$ , 잡음을  $\mathbf{w}$ 라 할 때, 시간 영역에서 선형 컨볼루션은 식 (1)과 같이 정의된다. 수신된 신호를 블록

\* 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음 (09912-02001)

단위 연산을 하기 위해서는 블록 단위의 크기로  $\mathbf{H}$  매트릭스가 식 (2)와 같이 나누어지게 된다.  $\mathbf{C}$ 는 현재 블록에서 보는 채널의 임펄스 응답 (impulse response)을 나타내고,  $\mathbf{C}_T$ 는 IBI 를 생성하는 채널의 임펄스 응답을 나타낸다.

$$\mathbf{r} = \mathbf{H} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{w} \quad (1)$$

$$= \begin{bmatrix} h_0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ h_1 & h_0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ h_{L-1} & \dots & h_1 & h_0 & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & h_{L-1} & \dots & h_1 & h_0 \\ \dots & \dots & \dots & h_{L-1} & \dots & h_1 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & h_{L-1} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{w}$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} h_0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ h_0 & \dots & h_0 & \dots & \dots & \dots \\ 0 & h_0 & \dots & h_0 & \dots & \dots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & h_0 & \dots & h_0 \end{bmatrix}, \mathbf{C}_T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & h_{L-1} & \dots & h_1 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & h_{L-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

앞서 언급된 문제들을 해결하기 위해, 먼저 저장된 이전 블록 신호와 추정된  $\mathbf{C}_T$ 를 곱하여 IBI를 추정하고, 추정된 IBI 신호를 등화기 입력신호에서 빼줌으로써 수신 신호에서의 IBI를 제거한다. 다음으로 블록 단위의 DFT연산을 수행하기 위한 CP를 생성하여 삽입한다. CP는 추정된  $\mathbf{C}_T$ 와 현재 블록 신호 벡터의 곱으로 추정된다. DFT 연산 수행을 위한 채널의 임펄스 응답 매트릭스를 식 (3)과 같이 정의한다면, 수신신호  $\mathbf{r}$ 은 최종적으로 식 (4)와 같이 정의된다.

$$\mathbf{C} + \mathbf{C}_T = \mathbf{C}_{\text{circ}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_i &= \mathbf{C}\mathbf{x}_i + \mathbf{C}_T\mathbf{x}_{i-1} + \mathbf{w} \\ &= \mathbf{C}_{\text{circ}}\mathbf{x}_i - \mathbf{C}_T\mathbf{x}_i + \mathbf{C}_T\mathbf{x}_{i-1} + \mathbf{w} \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)를 통해 알 수 있듯이, 이전 신호 및 현재 신호의 추정이 정확해 질수록 IBI 제거와 CP 보상이 더욱 정확하게 이루어 지는 것을 볼 수 있다. 기존 하이브리드 영역 등화기는 정확한 신호 추정을 위해, IBI를 제거, CP를 추가, 채널 추정 및 송신 신호 추정의 과정을 반복적으로 수행하였다. 그러나 본 논문에서는 지능형 양자화기를 사용함으로써, 한번의 수행으로 정확하게 신호를 추정하여 채널 추정에 사용하였다.

2. 지능형 양자화기[3]

ATSC DTV 신호는 트렐리스 부호화 되어 있는 신호로, 지능형 양자화기를 통해 보다 정확하게 신호를

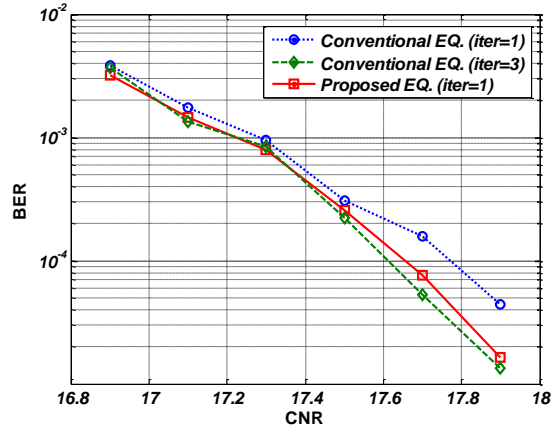


그림 2. 각 등화기에 따른 데이터 수신 성능 곡선.

판정할 수 있다. 본 논문에서 사용된 지능형 양자화기는 시간 지연이 발생하지 않는 TBD (Trace Back Depth) 1을 가지는 양자화기로, 이를 이용하여 기존 하이브리드 영역 등화기의 신호 판정을 보다 정확하게 수행할 수 있다.

III. 모의실험환경 및 결과

제안된 등화기의 성능을 평가하기 위해, CNR에 따른 수신 BER 곡선을 살펴보았다. 제안된 등화기는 기존 하이브리드 영역 등화기가 3회의 반복 연산을 수행했을 때의 수신 성능과 거의 같음을 볼 수 있다. 따라서 제안된 등화기를 통해 기존 하이브리드 영역 등화기의 구현 복잡도를 줄이며, 수신 성능을 개선할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 기존 하이브리드 영역 등화기의 반복 연산을 줄이기 위한 지능형 양자화기를 가지는 하이브리드 영역 등화기를 제안하였다. 제안된 등화기는 3회 반복 연산을 수행하는 기존 등화기와 비슷한 성능을 가지므로 기존 등화기의 구현 복잡도를 크게 개선할 수 있다. 향후 개선된 주파수 영역 등화기 (주파수 영역 MMSE 등화기 및 주파수 영역 DFE)를 적용함으로써 수신 성능 개선을 꾀할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] D. Falconer, et al. "Frequency Domain Equalization for Single-Carrier Broadband Wireless Systems," *IEEE E communications magazine*, vol. 40, no. 4, pp. 58-66, Apr., 2002.

[2] X. Wang, et al. "A Hybrid Domain Block Equalizer for Single-Carrier Modulated Systems," *IEEE transactions on broadcasting*, vol. 54, no. 1, pp.91-99, Mar., 2008.

[3] H.N. Kim, et al. "Near-Optimum Blind Decision Feed back Equalization for ATSC Digital Television Receivers," *ETRI Journal*, vol. 26, no. 2, pp.101-111, Apr., 2004.