

## ATSC 지상파 DTV 수신기 성능 향상을 위한 지능형 양자화기를 가지는 주파수 영역 IB-DFE

이유리, 이영준, 박성익\*, 김홍목\*, 김형남  
부산대학교, \*한국전자통신연구원

hnkim@pusan.ac.kr

### A Frequency-Domain IB-DFE with an Intelligent Slicer for ATSC Terrestrial DTV Receivers

Yu-Ri Lee, Young-Jun Lee, Sung Ik Park\*, Heung Mook Kim\*, Hyoung-Nam Kim  
Pusan National Univ., \*Electronics and Telecommunications Research Institute

#### 요 약

본 논문에서는 주파수 영역 등화기를 ATSC 지상파 DTV 수신기에 적용하였고, 주파수 영역 등화기의 수신 성능을 향상시키기 위해 지능형 양자화기를 사용하였다. ATSC 지상파 DTV 시스템은 표준에 의해 송신신호의 구조가 순차적으로 정해져 있어 블록 단위의 주파수 영역 등화기를 적용하기 위해서는 수신 신호를 변환하는 구조를 사용하여야 한다. 제안하는 등화기는 수신 신호를 변환하는 구조와 IB-DFE를 결합하였고, 추가적으로 지능형 양자화기를 사용하여 등화기의 성능을 향상시키고 반복 연산 횟수를 줄였다.

#### I. 서 론

21 세기에 이르러 기존의 아날로그 방송은 급속히 디지털화되기 시작하였다. 현재, 세계적으로 크게 4 가지의 DTV 표준이 있는데, 국내에서는 1997 년에 고화질 영상 송수신이 가능한 ATSC(Advanced Television System Committee) 방식을 채택하였다.

ATSC 지상파 DTV 수신기에서는 채널로 인한 신호의 전파 왜곡 현상을 보상하기 위하여 시간 영역 등화기를 사용하고 있다. 이러한 시간 영역 등화기는 오랜 연구로 매우 좋은 성능을 가지게 되었지만 많은 연산량도 가지게 되었다. 특히 시간 지연이 매우 긴 채널이나 부경로(sub-path) 신호의 크기가 큰 채널에서는 등화에 필요한 필터의 탭 수가 증가하게 되고, 탭 수가 증가하면서 이에 비례하여 연산량도 크게 증가하게 된다. 최근에는 이러한 연산량 문제를 해결하기 위하여 시간 영역 등화기를 대신하여 주파수 영역 등화기를 사용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 ATSC 지상파 DTV 수신기에서 주파수 영역 등화기를 효율적으로 적용하면서 등화 성능을 개선할 수 있는 구조를 제안하였다. 제안하는 등화기는 주파수 영역 연산이 가능하도록 ATSC 지상파 DTV 신호를 변환하는 구조와 IB-DFE를 결합하고, 판정 성능을 높이기 위하여 부호화된 신호를 복호화하는 지능형 양자화기를 채택하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 ATSC 지상파 DTV 수신기를 위해 제안된 주파수 영역 등화기에 대해 설명한 후, III장에서는 모의 실험을 통해

제안된 주파수 영역 등화기를 적용했을 때의 성능을 살펴본다. 마지막으로 IV장을 통해 결론을 맺는다.

#### II. ATSC 지상파 DTV 수신기를 위한 주파수 영역 등화기

ATSC 지상파 DTV 시스템은 단일 반송파 방식으로 신호를 전송한다. 주파수 영역 등화를 위해서 수신신호는 블록 단위로 나누어져 등화가 수행되어야 하는데, 이때 등화기에서는 크게 두 가지 문제점이 발생한다. 첫째는 채널에 의해서 현재블록에 이전블록의 간섭(Inter Block Interference, IBI)이 생기는 것이고, 둘째는 수신신호가 송신신호와 채널의 선형 컨벌루션 결과를 가진다는 것이다. 이 문제를 해결하는 방법은 다음과 같다. 추정된 이전블록을 이용해 IBI만 제거된 불완전한 수신신호는 등화기의 입력이 되고, 등화기의 출력 값은 불완전한 현재블록을 나타낸다. 이 출력 값을 이용해 변환된 수신신호는 다시 등화기의 입력이 되고, 위의 과정을 반복하여 더 정확한 현재블록의 값을 얻을 수 있다[1].

변형된 수신신호는 주파수 영역 등화기를 사용하여 채널에 의한 신호 왜곡을 보상할 수 있다. 선형 등화기를 사용하였을 때는 잔여 ISI와 잡음증폭(noise enhancement) 현상 때문에 좋은 성능을 내지 못한다. 따라서 본 논문에서는 잔여 ISI를 제거할 수 있고 잡음 증폭 현상이 적은 IB-DFE[2]를 적용한다. FBF의 입력은 이전 반복 연산에서 판정된 현재블록이고, FBF와 FBF의 탭 계수는 각 반복 연산마다 판정된 데이터와

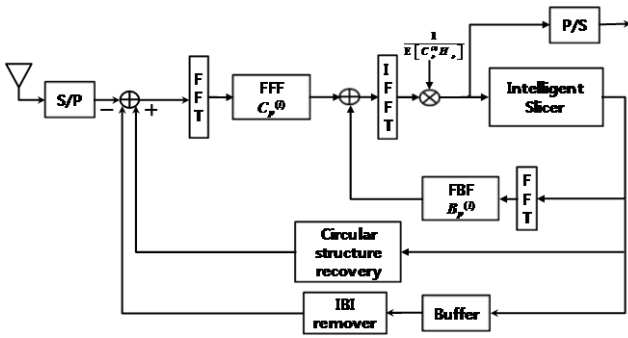


그림 1. 제안하는 주파수 영역 등화기의 구조.

원신호의 MSE(Mean Square Error)를 최소화되도록 하는 값이다.

앞에서 설명한 수신 신호를 변화시키는 구조와 IB-DFE 구조는 반복 연산을 하기 때문에, 이중으로 연산되는 반복 연산을 줄이기 위하여 본 논문에서는 두 구조를 결합한 형태를 제안한다. 그리고 ATSC 지상파 DTV 수신기에서는 비터비 디코더와 같은 격자 복호화기를 사용하고 있다. 따라서 제안하는 등화기 구조는 격자 복호화기를 이용하여 양자화기의 성능을 높여 등화기의 에러 전파(error propagation)를 줄일 수 있는 방법인 지능형 양자화기(Intelligent Slicer, IS)[3]를 적용한다. 비터비 디코더는 TBD (Trace Back Depth) 가 15 정도가 될 때 만족할 만한 성능이 되지만 긴 시간 지연이 생기기 때문에, 제안한 등화기에서는 TBD 가 1 인 격자 복호화기를 사용하였다. 최종적으로 제안하는 주파수 영역 등화기의 구조는 그림 1 과 같다.

### III. 모의 실험 결과

본 논문의 실험은 ATSC 지상파 DTV 시스템의 표준을 따라서 등화기의 한 블록과 신호의 한 세그먼트 길이를 동일하게 하였다. 따라서 한 블록은 832 심볼이고, 832 point-FFT, IFFT 연산을 하면 필터의 탭 수 역시 832 개가 되도록 정의하였다. 그리고 사용한 채널 모델은 Brazil Channel D 이다.

그림 2 는 선형 구조인 ZF(Zero Forcing), MMSE(Minimum Mean Square Error)와 비선형 구조인 IB-DFE 의 성능을 SNR 에 따른 SER 로 나타내었다. 이 성능 분석은 주파수 영역 등화기만의 성능을 확인하기 위하여 채널을 알고 있다고 가정하고 IBI 제거 및 순환 구조 복원도 완벽하다고 가정한다. IB-DFE 괄호 안의 숫자는 반복 연산 횟수를 나타낸다. 여기서 IB-DFE 의 그래프는 최저 경계(Low Bound, LB)로 수립된 상태를 나타낸 것이다. 그림에서 선형 등화기인 ZF 과 MMSE 를 사용했을 경우에는 성능이 좋지 않다. 하지만 비선형 등화기인 IB-DFE 를 사용하면 성능이 더 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

수신 신호 변환 구조에서 등화기는 바뀌지 않으므로 지능형 양자화기를 사용했을 경우에, 선형 등화기는 SER 성능 개선이 없지만 비선형 등화기는 성능 개선을 확인할 수 있다. 그림 3 은 IB-DFE 와 지능형 양자화기를 적용한 IS-IB-DFE 의 SER 성능을 비교한 그래프이다. 같은 반복 횟수를 가질 때 IS-IB-DFE 가 더 좋은 성능을 가지는 것을 확인할 수 있고, LB 에

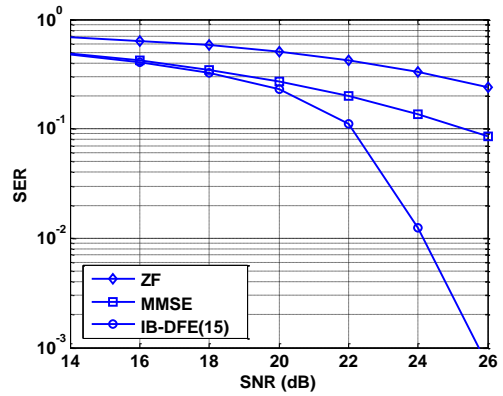


그림 2. 주파수 영역 등화기의 성능 비교.

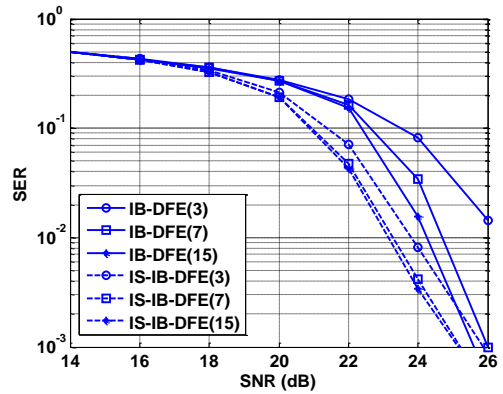


그림 3. 지능형 양자화기를 사용한 IB-DFE 의 성능.

수렴하는 SER 그래프의 간격이 더 좁으므로 최적 성능에 도달하는 반복 연산이 줄어드는 것을 알 수 있다.

### IV. 결론

본 논문은 ATSC 지상파 DTV 수신기에서 주파수 영역 등화기를 사용함으로써 연산량을 줄일 수 있는 방법에 대해 기술하였다. 이 연구 결과는 ATSC 지상파 DTV 수신기에서 실제적으로 적용할 수 있는 주파수 영역 등화기와 관련된 연구에 대해 좋은 참고 자료가 될 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음"(09912-02001)

### 참고 문헌

- [1] X.B. Wang, Y.Y. Wu, G. Gagnon, B. Tian, K. C. Yi, and J. Y. Chouinard, "A Hybrid Domain Block Equalizer for Single-Carrier Modulated Systems", *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 54, no. 1, pp. 91-99, March 2008.
- [2] F. Sainte-Agathe and H. Sari, "New results in iterative frequency domain decision-feedback equalization," in *Proc. 14th EUSIPCO 2006*, Florence, Italy, Sep 2006.
- [3] J.J. Nicolas and J.S. Lim, "Equalization and Interference Rejection for the Terrestrial Broadcast of Digital HDTV," *Proc. ICASSP-93*, vol. 4, Minnesota, USA, Apr. 1993, pp. 176-179.