

Unique\_Word 기반 SC-FDE 시스템에서 지상파 3DTV 전송을 위한 채널 추정 기법

\*신동철 \*김재길 \*안재민

충남대학교

\*dcshin@cnu.ac.kr, \*stone0517@cnu.ac.kr, \*jmahn@cnu.ac.kr

A channel estimation scheme in Unique-Word based SC-FDE system for terrestrial 3DTV transmission

\*Shin, Dong-chul \*Kim, Jae-kil \*Ahn, Jae-min

Chungnam National University

요 약

채널의 다중경로를 통과한 신호들은 지연확산 영향으로 심하게 왜곡이 되거나 Inter-Symbol Interference(ISD)가 발생하므로 왜곡된 채널을 추정하여 보상해야 한다. 기존 iterative 채널 추정 방식에서는 채널 시간 지연 길이 밖으로 zero padding 함으로 노이즈 성분을 제거하는 알고리즘이다. 반면에 본 논문은 채널 시간 지연 길이 안으로 있는 노이즈 성분까지 노이즈 제거 문턱 값 추정(noise elimination threshold estimation: NETE) 알고리즘을 사용하여 노이즈를 효과적으로 제거한다. 시뮬레이션 결과는 채널의 mean square error(MSE)를 통하여 제안된 기법을 적용할 경우 채널 추정 성능 개선이 나타남을 확인할 수 있었다.

1. 서론

주파수 영역 등화기 기반 단일반송파 방식(single carrier with frequency domain equalization: SC-FDE)은 직교 주파수 분할 다중(orthogonal frequency division multiplexing: OFDM)과 비교하여 낮은 첨두전력 대 평균전력 비(peak-to-average power ratio: PAPR)를 가지며, 주파수 편차에 의한 성능 저하가 비교적 작은 장점을 가진다. 또한, Unique-Word(UW) 기반으로 SC-FDE를 구성할 때, cyclic prefix(CP) 대신으로 보호구간으로 사용할 뿐만 아니라 주파수 영역 등화기에서 채널 추정과 동기화 하는데 용이하다. 기존 iterative 채널 추정 방식에서는 채널 시간 지연 길이 밖으로 zero padding 함으로 노이즈 성분을 제거하는 알고리즘이다. 그리고 UW를 복원하여 inter-symbol interference(ISI)를 제거하고 채널 임펄스 응답(channel impulse response: CIR)을 반복적으로 추정한다.[1] 그러나 참고문헌 [1]은 채널 시간 지연 길이 안으로 있는 노이즈 성분 때문에 채널 추정 성능 저하에 영향을 끼친다. 이에 본 논문은 UW 기반 SC-FDE 시스템에서 채널 시간 지연 길이 안으로 있는 노이즈 성분까지 제거하는 노이즈 제거 문턱 값 추정(noise elimination threshold estimation: NETE) 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 지상파 3DTV 전송을 위한 SC-FDE 프레임 구조와 시스템 블록 도를 제시한다. 3 장에서는 NETE 알고리즘 및 UW 복원과정을 설명하고 4 장에서는 제안된 채널 추정 기법의 시뮬레이션 성능을 확인한다. 마지막 장에서는 결론을 맺는다.

\* 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 차세대 지상파 3D HDTV를 위한 고효율 전송기술 개발]

2. 시스템 모델

그림 1은 전형적인 SC-FDE 프레임 구조이다.  $i$ 번째 블록의  $K$  길이는 수신된 심벌들을 나타낸다.  $K$ 는  $N$ 과  $Q$ 로 구성되고 각각은 data심벌들과 UW이다. 즉,  $K = N + Q$ 이며 식 (1)로 나타낸다.

$$s_{n,i} = \begin{cases} x_{n,i} & , 0 < n < N \\ c_{n-N} & , N \leq n < K \end{cases} \quad (1)$$

채널을 걸쳐 수신된  $i$ 번째 신호 블록은 식(2)로 표현한다.

$$r_{n,i} = \sum_{l=0}^{L-1} h_{l,i} s_{(n-l)K,i} + w_{n,i}, \quad 0 < n < K \quad (2)$$

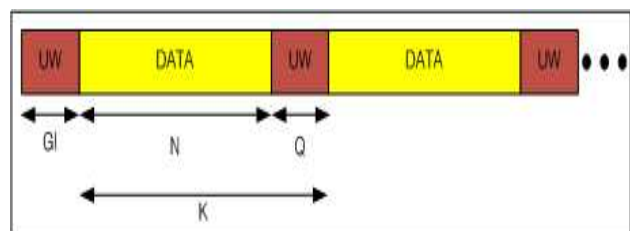


그림 1. SC-FDE 프레임 구조

그림 2는 SC-FDE 시스템 블록 도를 나타낸다. 기존의 채널 추정 방식 블록들과[1] 노란색 칠해진 블록들의 부분은 새로운 알고리즘이 추가된 부분이다. 빨간색 점선으로 표시한 블록들의 부분은 정확한 채널 추정을 하기위해 재차 추정하는 반복성을 나타낸다.

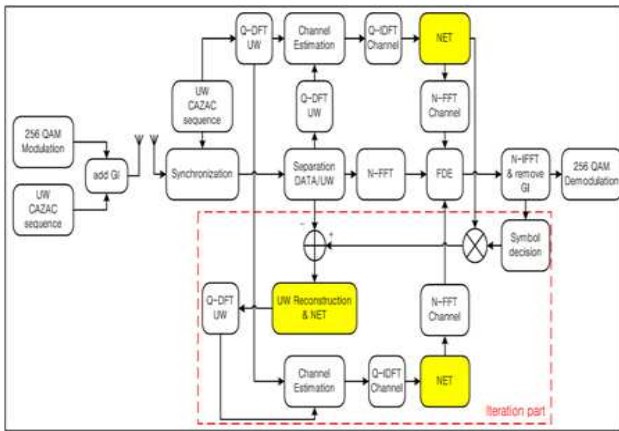


그림 2. SC-FDE 시스템 블록도

### 3. 채널 추정 알고리즘

#### 가. NETE 알고리즘

채널의 시간 지연 길이  $L$  값 이후 즉,  $L < n < Q$ 까지 샘플은 잡음이므로 노이즈 표준편차를 식 (3)과 (4)를 통해 추정할 수 있다.

$$w[n] = \hat{h}[n], \quad L < n < Q \quad (3)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{E(w_n^2) - (E(w_n))^2}, \quad L < n < Q \quad (4)$$

추정된 노이즈 표준편차는 이득의 알맞은 비율로 곱하고 NET을 만든다. NET 기준 이하 일 때, 노이즈는 0으로 만들어 채널의 시간 지연 길이 안에 있는 노이즈 성분을 제거한다. 채널의 시간 지연  $L$  값 이후에는 기존 방식으로 zero padding 한다. 식 (5), (6) 그리고 (7)은 NET 과정이다.

$$th = gain \times \hat{\sigma} \quad (5)$$

$$\text{if } |\hat{h}[n]| < th, \hat{h}[n] = 0 \quad (6)$$

$$\hat{h}_n = 0, \quad L < n < Q \quad (7)$$

#### 나. UW 복원

UW복원 과정은  $Q$  길이 기준으로 복원 지점을 식 (8)으로 나타낸다. 복원 과정 중  $y_n$ 을 생성시키기 위해 심벌 decision 과정과 추정된 채널의 곱으로 식 (9)로 표현된다.

$$p_n = r_{n+N} - y_{n+N} + r_n - y_n, \quad 0 < n < Q \quad (8)$$

$$y_n = IFFT_R \{ FFT_R \{ \overline{x_n} \} \times \hat{H}_k \} \quad (9)$$

그러나  $r_n - y_n$ 은 data 성분과 노이즈 성분들이 남아 있기 때문에 NETE 알고리즘을 식 (10)과 (11)과정에 적용하여 그 성분들을 제거한다.

$$\text{if } |r[n] - y[n]| < th, r[n] - y[n] = 0 \quad (10)$$

$$r_n - y_n = 0, \quad L < n < Q \quad (11)$$

### 4. 시뮬레이션 결과 및 분석

VSb 변조 기술기반 ATSC (advanced terrestrial systems committee) 시스템은 현재 우리나라에서 채택하여 사용하고 있으며

19.3Mbps 낮은 전송속도와 다중경로에 취약점을 나타내고 있다. 그래서 지상파 3DTV 전송을 위하여 낮은 전송속도를 극복하기 위해서 SC-FDE는 ATSC 방식의 대역폭에서 동작하고 DVB-T2 (digital video broadcasting-terrestrial 2)의 30Mbps급 전송속도를 구현하기 위해 8K 블록사이즈와 19/256 비율의 UW을 사용했다. 256QAM을 위한 심벌의 decision boundary는 측정된 값 0.469이며 채널은 브라질 채널 A 모델이다. NETE 알고리즘에서 노이즈 표준편차 이득은 6으로 설정하고 채널 추정 성능을 확인하기 위해 그림 4는 mean square error(MSE)이며 식 (12)는 채널의 MSE를 구하는 식이다. 그림 4에서 기존에 zero padding 방법으로 채널 추정 방법보단 NETE 알고리즘을 적용 했을 때, MSE 성능이 더 좋게 나옴을 확인 할 수 있다. 또한, iteration을 1번만 하여도 충분함을 나타낸다.

$$MSE_{ch} = \frac{\sum_{n=0}^{K-1} |H - \hat{H}|^2}{\sum_{n=0}^{K-1} |H|^2}, \quad \begin{cases} H: freq., ch. \\ \hat{H}: freq., est., ch. \end{cases} \quad (12)$$

### 5. 결론

지상파 3DTV 전송을 하기 위해 다중경로에 강한 채널 추정이 요구된다. 제안된 SC-FDE시스템에서 채널 추정 성능을 높이기 위해서 NETE 알고리즘을 사용하여 채널 추정 성능이 좋아짐을 시뮬레이션 결과를 통해 확인 할 수 있었다. 또한, 이 알고리즘들은 훈련 시퀀스가 사용할 때, DVB-T2 시스템의 OFDM 방식과 LTE uplink 시스템의 SC-FDMA 방식과 같은 다른 시스템에서도 적용할 수 있는 장점을 갖는다. 향후에는 수신기 구조의 복잡 도를 줄이면서 채널을 추정할 수 있는 알고리즘을 정리해야 할 것이다.

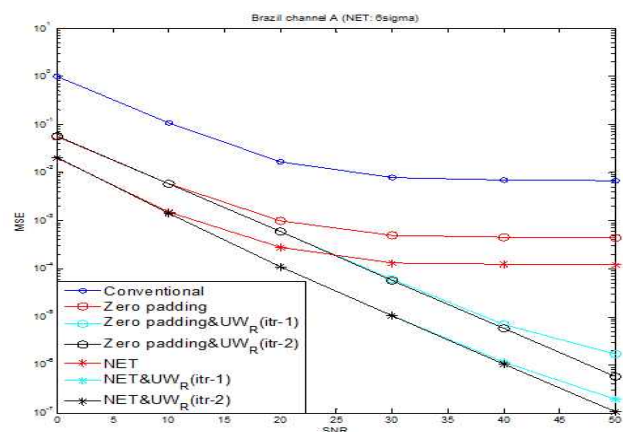


그림 4. Brazil channel-A MSE (NET: 6sigma)

### 참 고 문 헌

[1] Shigang Tang, Ke Gong, Jintao Wang and Yu Zhang, "Iterative Channel Estimation for Unique-Word Based Single-Carrier Block Transmission," IEEE trans. Circuit and Systems for Commun., June 2008.