

# 멀티밴드 OFDM UWB 시스템을 위한 채널추정 구조에 관한 연구

이 용 배, 정 진 두, 정 정 화

한양대학교 정보통신학과

전화 : 02-2290-0558 / 핸드폰 : 011-9068-3515

## A study on architecture of channel estimation for multi-band OFDM UWB system

Yong Bae Lee, Jin Doo Jeong, Jong Wha Chong  
Dept. of Information and Communications, Hanyang University  
E-mail : lyb95031@ihanyang.ac.kr

### Abstract

This paper proposes an architecture of channel estimation for multi-band OFDM UWB systems presented to IEEE 802.15.3a by Multi-band OFDM alliance(MBOA). The multi-band OFDM (MB-OFDM) systems should have channel estimation for compensation of signal distortion by multi-band channel. The moving-averaging estimation algorithm and multi-band equalization architecture for MB-OFDM UWB systems proposed in this paper was verified by the simulation. Simulation results show that MB-OFDM system with the proposed architecture have the performance improved by about 3.4 dB compared to system with no channel estimation in  $0.1\pi$  phase-rotated channel.

Keywords : Ultra-wide band(UWB); Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM)

### I. 서론

현재의 무선통신 시스템은 협대역(Narrow-band) 통신 시스템을 기반으로 하여 음성, 데이터 등의 송수신을 하고 있다. 최근에 멀티미디어의 발달과 데이터의 양이 증가함으로써 더욱더 많은 데이터 전송율을 가지는 통신 시스템이 필요하게 되었는데, 이런 협대역을

기반으로 하는 무선 통신 시스템은 고속의 데이터를 전송하기에는 한계를 가지고 있고, 무선 통신 시스템들의 주파수 사용량이 증가함에 따라 주파수 자원 부족 현상이 발생하고 있다. UWB 통신 시스템 기술은 이러한 무선 통신 시스템의 문제점을 해결하기 위한 차세대 통신 시스템이다. [1,2]

본 논문에서는 UWB 시스템의 특징과 이러한 특징을 고려하여 IEEE 802.15.3a를 기반으로 하는 UWB 통신 시스템에서의 채널과 노이즈에 의해 수신된 정보 신호의 왜곡을 추정기와 등화기를 통해 정보 신호를 복원할 수 있는 Decision-directed 채널 추정 알고리즘과 구조에 대해서 제안한다.

### II. UWB 시스템의 소개

UWB 무선 통신 기술은 매우 낮은 전력을 사용하여 초 광대역의 주파수 대역으로 디지털 데이터를 전송하는 차세대 무선 전송 기술이다.

UWB 무선 통신 기술은 매우 낮은 전력으로 초고속, 고성능의 무선 네트워크를 구축하여 신뢰성 있는 통신이 가능한 무선 통신 기술이다. UWB는 기존의 협대역 시스템, 광대역 시스템과 구분하기 위해 중심 주파수의 20%이상의 대역폭을 차지하는 시스템, 혹은 500MHz이상의 대역폭을 갖는 시스템을 UWB 시스템이라고 정의한다. 또한, 기존의 무선 통신 시스템에 비해 빠른 속도와 많은 데이터 전송 용량을 가지고 있다. 또한, 높은



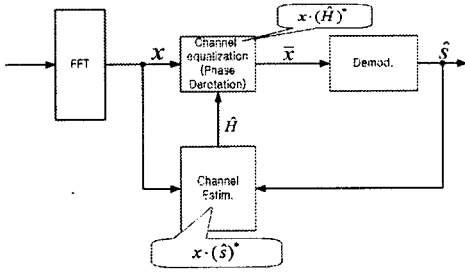


그림 4. 채널 추정 블록도

위에서 제안된 알고리즘은 주파수와 시간 오프셋이 보정 되었다고 가정 했을 때 다음과 같은 과정으로써 검증된다. [6]

그림 4.처럼 추정기에서 추정된 정보가 등화기에 인가되는 값  $\hat{H}(n, k)$  을 구하면,

$$\begin{aligned} \hat{H}(n, k) &= \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} \{x(i, k)[\hat{s}(i, k)]^*\} \\ &= \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} \{[s(i, k)H(i, k) + n(i, k)][\hat{s}(i, k)]^*\} \\ &= \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} [s(i, k) \hat{s}^*(i, k)] H(i, k) + \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} n(i, k) \hat{s}^*(i, k) \quad (1) \end{aligned}$$

$\hat{H}(n, k)$  는 n번째 OFDM 심볼의 k번째 서브캐리어의 컴플렉스 신호이고,  $x(i, k)$  는 수신된 신호,  $\hat{s}(i, k)$  는 decision 된 신호,  $s(i, k)$  는 송신하고자하는 원래신호,  $H(i, k)$  는 채널 환경,  $n(i, k)$  는 가우시안(AWGN) 노이즈를 말한다.

위 식처럼 두개의 항으로 정리가 되는데, 이때  $s(i, k) = \hat{s}(i, k)$  같다면,

$$\begin{aligned} s(i, k) &= \hat{s}(i, k) \Rightarrow s(i, k) \cdot \hat{s}^*(i, k) = |s(i, k)|^2 \\ \Rightarrow \hat{H}(n, k) &= \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} H(i, k) + \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} n(i, k) \hat{s}^*(i, k) \\ \text{where } \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} n(i, k) \hat{s}^*(i, k) &= 0 \\ \therefore \hat{H}(n, k) &= \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} H(i, k) \quad (2) \end{aligned}$$

절대 값 표현되는데, 이 값을 power=1이라고 가정하면, 위의 식으로 재 표현 할 수 있다. 두 번째 항인 노이즈가 있는 항은 AWGN으로 평균값이 0이 되므로, 이런 과정을 거치면 결과적으로 단지 채널에 의한 위상 왜곡 성분을 추정할 수 있고 이 추정된 성분을 가지고 등화를 하면 원래의 정보신호로서 복원이 가능하다. 그러므로 실내 무선 환경에서의 채널 전달함수는 특정 관측 기간동안 일정하기 때문에 평균을 통해서 채널 전달함수  $\hat{H}(n, k)$  을 구할 수 있다. [3,4,5]

#### 4.2. 채널 추정의 평균 구조

채널 추정기로부터 추정된 정보를 다음의 그림과 같이 기본 평균값의 구조로서 설계를 할 수 있다.

$$\hat{H}(n, k) = \frac{1}{d} \sum_{i=n-d}^{n-1} \{x(i, k)[\hat{s}(i, k)]^*\} \quad (3)$$

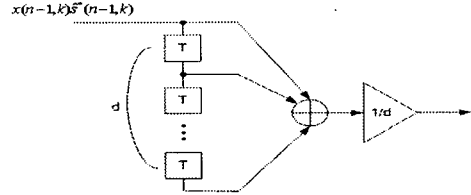


그림 5. 기본 평균 구조

위에서 검증한 식(3)으로부터 아래의 식으로 forgetting accumulator의 구조로써 재정리하여 다음의 구조로 도시화 할 수 있다.

위의 식(3)을 다시 정리하여 아래와 같은 recursive form의 구조로써 도시화 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{H}(n, k) &= \frac{1}{d} \sum_{i=(n-1)-d}^{(n-1)-1} \{x(i, k)[\hat{s}(i, k)]^*\} + \\ &\quad \frac{1}{d} x(n-1, k)[\hat{s}(n-1, k)]^* \quad (4) \end{aligned}$$

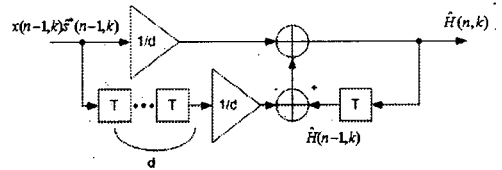


그림 6. recursive 평균 구조

식 (4)에 의한 구조는 그림 5.의 구조와 레지스터의 수 감소 되지 않았고, forgetting accumulator의 구조를 가지고 있다. 그러므로 레지스터의 수를 감소시키고 forgetting accumulator를 포함한 구조, moving 평균구조로써 도시화 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{H}(n, k) &= \hat{H}(n-1, k) + \frac{1}{d} x(n-1, k)[\hat{s}(n-1, k)]^* \\ &\quad - \frac{1}{d} x(n-d-1, k)[\hat{s}(n-d-1, k)]^* \quad (5) \end{aligned}$$

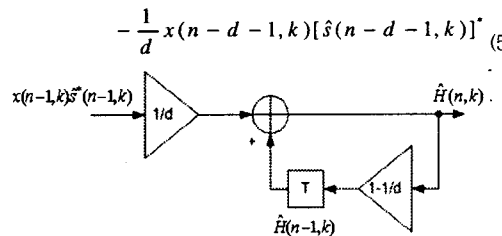


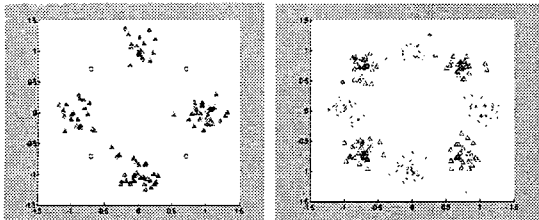
그림 7. moving 평균 구조

최종적으로 위에서 보여진 그림 7.의 구조, moving average estimation의 형태로 채널 추정기를 설계함으로써 수신된 정보

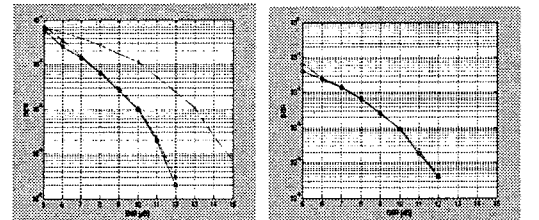
신호의 왜곡된 정보를 추정할 수 있다. 이후에 등화기는 그림 4에서 보는 것과 같이, FFT에서 수신된 정보신호( $X$ )와 추정 기로부터 인가된 왜곡된 정보  $\hat{H}(n, k)$  를 conjugate하여 연산하면, 왜곡된 신호를 보상하게 되어  $\hat{X}$  로 출력하게 된다.

### V. 시뮬레이션 결과

다음은 위에서 언급한 채널 추정에 대한 시뮬레이션 의 결과이다. 송신과 수신의 성균으로 표현한 것인데, 채널 환경에 의해 위상이 45도 왜곡이 있다고 가정 했을 때, 채널 추정이 없는 경우와 있는 경우, 평균의 기존 구조와 최종적으로 얻어낸 구조의 경우이다. 이러한 평균의 구조를 가지고  $0.2\pi/2$  위상 왜곡과  $0.5\pi/2$  위상왜곡의 BER 성능을 검증하였다.



<그림 8.a 채널추정이 없는 경우> <그림 8.b moving 평균구조의 채널추정>  
 (x : 채널추정 없이 45도 위상왜곡 되어 수신된 신호의 성균, Δ : 채널등화가 된 신호의 성균, ○ : 채널추정 된 신호의 성균)



<그림 9.a  $0.2\pi/2$  위상 왜곡 BER> <그림 9.b  $0.5\pi/2$  위상 왜곡 BER>  
 (x : 채널추정이 없는 경우, Δ : 기본평균구조 경우, o : moving 평균구조 경우)

위의 그림 9.a에서 보시다시피  $0.2\pi/2$  위상왜곡의 moving 평균구조를 사용한 채널과 채널추정이 없는 경우를 보면  $10^{-4}$  일 때, SNR은 moving 평균구조를 사용할 때 3.4dB의 성능이 좋아졌다는 것을 알 수 있다.

### VI. 결론

본 논문에서는 MBOA에서 제안한 멀티밴드 OFDM UWB 시스템에서의 채널 추정과 등화에 대해 제안한다. 본 논문의 목적은 채널과 노이즈에 의한 위상이 변화된 신호를 추정기와 등화기를 사용하여 복원함으로써 정보에 대한 왜곡을 줄이기 위

함이다. 멀티밴드 OFDM UWB 시스템에 사용되는 QPSK 변조는 위상에 정보가 실리기 때문에 위상을 보상하는데 중요하고 밴드의 호핑 때문에 각 밴드에 대해 UWB 시스템의 특성을 고려해야 한다. 이러한 이유로 이 알고리즘이 필요로 하고 구조를 특성에 맞춰 설계를 하였다. 앞서 말한 시뮬레이션의 결과를 보듯이 moving 평균구조로 설계하였을 때 좋은 BER성능을 갖는 것을 확인하였다. 이러한 구조를 사용함으로써 채널의 의한 위상왜곡을 추정하고 보상 할 수 있겠다.

### 참고문헌

- [1] <http://www.uwb.org>
- [2] <http://www.fcc.gov>
- [3] Minjoong Rim : "Optimally combining decision-directed and pilot symbol aided channel estimator", Electronics letters 20th march 2003 vol. 39 No.6
- [4] FRENGER, p.k and SVENSSON, N.A.B : "Decision-directed coherent detection in multicarrier system on Rayleigh fading channel", IEEE Trans. Veh. Technol., 1999, 48,(2), pp. 490-498
- [5] Li Y. : "Pilot-symbol aided channel estimation for OFDM in wireless system", IEEE Trans. Veh. Technol. 2000, 49,(4), pp. 1207-1215
- [6] Hyoung-Kyu Song : "Frequency offset synchronization and channel estimation for OFDM-based transmission", IEEE Communications Letters, Vol.4, NO.3, March 2000