

Orthogonal Frequency Division Multiplexing을 위한 시간영역 등화기법

편 용 국* · 강 기 성*
강원도립대학*

Time Domain Equalization for Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Pyeon, Yong-Kug* · Kang, Ki-Sung**
gangwon Provincial Uni.*

Abstract

This study proposes that the Phase Linearization Interpolation is higher efficiency than the existed Orthogonal Frequency Division Multiplexing system in the Multipath channels time-variant. Also, it showed that time domain equalization is better than the existed frequency domain equalization about the calculation and efficiency for clear Inter Carrier Interference of the doppler effect.

1. 서 론

다중 경로 채널에서 강인성으로 인해 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 현재 많은 각광을 받고 있다. 하지만 OFDM은 고속으로 변화하는 Channel에서는 시스템 성능의 저하를 가져온다. 본 논문에서는 Channel Impulse Response의 Amplitude와 Phase가 선형적으로 변화하는 위상 선형화 보간법을 이용한 Channel Tracking 기법을 제안한다.

2. OFDM System

OFDM은 ISI(Inter Symbol Interference)에 강한 특성을 가지고 있다. 또한, 데이터 Symbol을 병렬로 전송하므로 Symbol 주기를 증가 시킬수 있다. 이때 신호를 구성하는 부 반송파를 증가시켜 symbol 주기에 대한 Channel의 최대 지연 시간의 비를 감소 시킬 수 있으므로 ISI를 감소 시킬 수 있다.

2.1 OFDM의 특성

OFDM은 각 부 반송파에 데이터 심볼을 Modulation · Demodulation 한다. OFDM의 송신 및 수신 과정을 그림 2-1에 나타내었다.

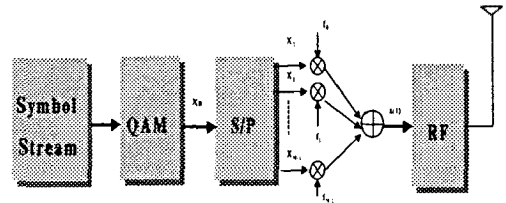


그림 2-1. OFDM Transmitter

OFDM 송신 신호 $x(t)$ 를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{k=0}^{N-1} a_{m,k} e^{j2\pi f_k t} g(t - mT_s) \quad (2-1)$$

수신부에서의 등화를 위해서는 다음 관계를 만족하여야 한다.

$$\int_0^T e^{j2\pi f_k t} e^{-j2\pi f_i t} dt = \int_0^T e^{j2\pi(f_k - f_i)t} dt$$

$$= \frac{1}{j2\pi(f_k - f_i)} [e^{j2\pi(f_k - f_i)T} - 1]$$

$$= \delta_{k,i}$$

(2-2)

OFDM의 수신단에서는 다음과 같은 과정을 거쳐 심볼을 복조한다.

$$\hat{a}_{m,i} = \frac{1}{T_s} \int_{mT_s}^{(m+1)T_s} x(t) e^{-j2\pi f_i t} dt$$

$$= \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} \sum_{k=0}^{N-1} a_{m,k} e^{j2\pi f_k t} dt$$

$$= a_{m,i}$$

(2-3)

2.2 다중경로 채널에서의 OFDM 시스템의 이산 기저대역 모델

그림 2-2에서 T_s/N 의 주기를 갖는 입력 데이터심볼은 직·병렬 변환기를 통해 N개의 심볼로 이루어진 한 개의 데이터 블록 데이터로 변환된 후 IDFT를 통해 변조된다. 이때 변조된 신호는 다음과 같다.

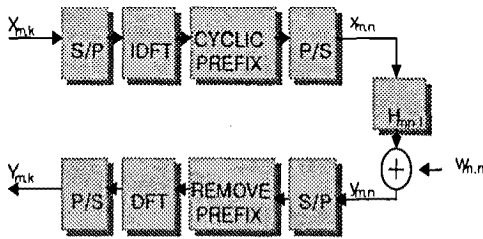


그림 2-2. OFDM 기저대역모델

$$x_{m,n} = \sum_{k=0}^{N-1} X_{m,k} e^{j2\pi kn/N}, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2-4)$$

다음은 OFDM 시스템에서 보호구간을 이용하여 근접 프레임간 간섭을 효율적으로 줄일수 있는방법을 살펴본다. OFDM 방식에서는 심볼열을 병렬로 전송함에 따라 부채널 수에 비례하여 심볼 주기가 증가함으로, OFDM의 심볼 주기는 사용하는 부채널 수

를 증가시켜 채널 지연시간보다 충분히 크게 할 수 있다. 즉, OFDM에서의 근접 프레임간 간섭을 줄일 수 있다.

3. 시변다중 경로 채널에서의 채널추정 및 시간영역등화기법

OFDM 시스템의 채널 추정방법은 추정하는 영역에 따라 크게 3가지로 나눈다. 시간영역, 주파수영역, 시간영역 과 주파수영역 모두, 또한 추정기법은 파일럿 또는 training sequence를 이용하는 기법, 등화되어 검출된 값을 이용하는 방법(decision aided method), 블라인드 추정등으로 구분될 수 있다. 이 중에서 파일럿 또는 training sequence를 보내는 방법이 성능이 우수하다.

3.1 주파수 천이가 OFDM 시스템에 미치는 영향

OFDM의 단점은 송수신기의 발진기의 차이에 의한 주파수 천이이다. 주파수 천이가 시스템에 미치는 영향은 각 부채널에 발생하는 채널의 크기와 인접 부채널간의 ICI이다.

3.2 위상 선형화 기법을 이용한 채널 추정

ICI를 제거하기 한 프레임 안에서의 시변 특성을 정확히 알아야 한다. 이를위해 주파수 영역에서 파일럿을 보내는 방법은 채널의 시변 특성을 정확히 알수 없는 단점이 있다. 그래서 시간영역에서 파일럿을 보낸다. 하지만 이 방법도 인접 심볼의 영향을 받을 수 있으므로 파일럿을 중심으로 주위에 zero padding함으로써 영향을 없앨 수 있다.

주파수 천이가 존재하는 경우 시간영역에서의 영향은 송수신단 발진기의 차만큼 CIR의 위상이 선형적으로 계속변하게 된다. 그러므로 채널 추정을 할 때 위상의 선형성을 생각해야 한다. 즉 위상 선형화 보간법을 이용해 보간한다.

결국, CIR의 크기가 클 때는 주파수 천이의 양을 추정하고 반대로 작을때는 추정된 주파수 천이를 이용하여 채널을 보상하면된다. 이러한 추정된 주파수 천이와 CIR의 크기를 일정 양을 저장한 후, CIR의 크기가 Threshold보다 작은 경우, 저장된 값을 이용하여 평균 주파수 천이를 구한다.

주파수 천이가 추정되면 수신된 신호를 평균 주파수 천이의 반대 방향으로 회전시켜 주파수 천이의 영향을 없앨 수 있다.

3.3 시간영역 등화기법

이 절에서는 채널의 시변성에 의한 ICI의 원인을 정확히 예측하여 제거하는 시간영역 등화기법을 제안하고, 기존의 주파수 영역 등화기법에 비해 계산량이 적음을 확인한다. 이를 블록도로 나타내면 다음과 같다.

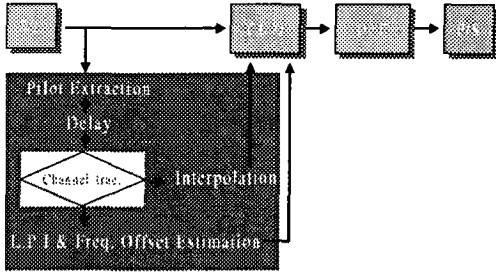


그림 3-1 제안한 등화기 구조

수신된 신호 $y_{m,n}$ 은 다음과 같다.

$$y_{m,n} = \sum_{l=0}^{L-1} h_{m,n-l} x_{m,n-l} + w_{m,n} \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (3-1)$$

이때 수신단의 DFT를 이용하여 보호구간된 신호 $Y_{m,k}$ 는 다음과 같다.

$$Y_{m,k} = \sum_{p=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{L-1} X_{m,p} H_{m,l,(k-p)} e^{-j2\pi pl/N} + W_{m,k} \quad (3-2)$$

위상 선형화 보간법으로 추정된 채널을 대입하면 다음과 같다.

$$y_{m,n} = \sum_{l=0}^{N-1} \hat{h}_{m,n,l} x_{m,n-l} + w_{m,n} \quad 0 \leq n \leq N-1, 0 \leq l \leq L-1, \quad (3-3)$$

4. 시뮬레이션을 통한 고찰

제안된 위상 선형화 보간법을 이용한 채널 추정 방법과 시간영역 등화방법이 시변 다중 경로 페이딩

채널에서 효과적임을 보이고자 한다. 변조 방식은 데이터 효율을 높이기 위해 16-QAM을 사용했다. 그림 4-1은 주파수 천이가 없을 때 여러 가지 등화기법을 비교한 것으로, 제안된 등화기법이 다른 등화기법에 비하여 뛰어난 것을 알 수 있다.

그림 4-2는 상대 주파수 천이가 0.25인 경우를 보이고 있다. 그림 4-2를 비교해 보면 제안된 방법은 주파수 천이에 대해 잘 대처하고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

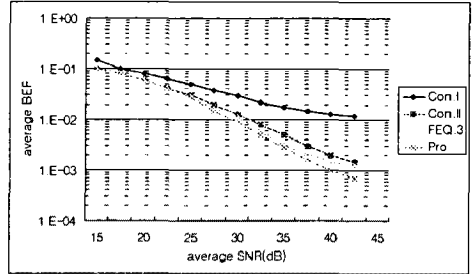


그림 4-1(a) Doppler freq. 40Hz

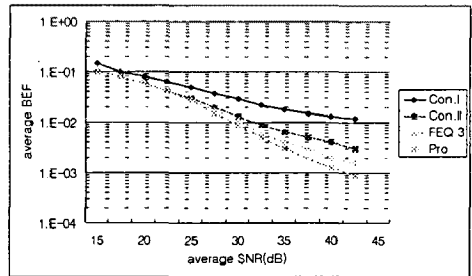


그림 4-1(b) Doppler freq. 400Hz

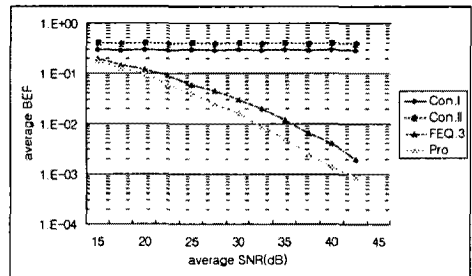


그림 4-2(a) Doppler freq. 40Hz

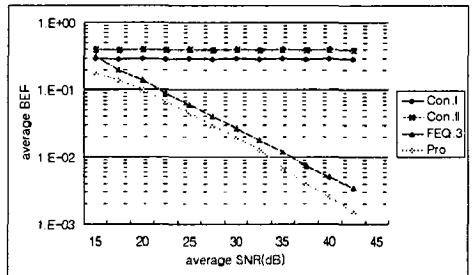


그림 4-2(b) Doppler freq. 400Hz

본 논문에서 제안한 OFDM방식은 기존 단일 반송파 방식에 비해 Fading Channel에서 등화 과정이 단순하고, 채널 추정기법은 상대 주파수 천이가 제안되어 있고, 채널 등화 기법은 기존의 주파수 영역 등화기법 보다 계산량을 줄일 수 있었다. 또한 신호대 잡음비(signal to noise raiton,SNR)가 40dB일 때 기존의 등화기법보다 약 2dB의 향상을 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Ove dfors, et al., "OFDM channel estimation by singular value decomposition," *IEEE Trans. Commun.*, pp.931-939,vol.46,No.7,July 1998
- [2] Richard van Nee, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, 대영사 2000.
- [3] John G. Prockis, *Digital Communications*, McGraw-Hill 1995.
- [4] Yuping Zhao and Aiping Huang, "A nove channel estimation method for mobile communication systems based on pilot signals and transform-domain processing," *Proc. VTC*, pp.2089-2093, May 1997.
- [5] Jan-Jaap van de Be다, et al., "On channel estimation in OFDM systems," *Proc. VTC*, pp.815-819, 1995.
- [6] W. G. Jeon, K. H. Chang and Y. S. Cho, "An equalization technique for orthogonal frequency division multiplexing systems in time-variant multipath systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol.47,pp.27-32, Jan. 1999.
- [7] L.J. Cimini, Jr., "Analysis and Simulation of a Digital Mobile Channel Using Orthogonal Frequency Division Multiplexing," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-33,pp.665-675,July 1985.