

OFDMA 시스템 상향 링크에서의 시간 동기 추정

노정호, 김정주, 장경희
 인하대학교 정보통신대학원
 khchang@inha.ac.kr

Time Synchronization in OFDMA Uplink Systems

Jungho Noh, Jungju Kim and KyungHi Chang
 The Graduate School of Information Technology & Telecommunications
 INHA University

요약

본 논문에서는 차세대 광대역 무선 다중 접속 방식으로 각광 받고 있는 Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) 시스템에서 가장 중요한 사안 중의 하나로 고려되는 상향 링크 동기 문제의 해석을 위하여, IEEE 802.16 WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)의 상향 링크 모델을 분석하고, IEEE 802.16 WMAN 에서 제안된 훈련 심볼의 PN 부호간 상관 특성을 이용하여, OFDMA 상향 링크의 심볼 시간 오프셋 추정 기법의 성능을 확인한다.

1. 서론

직교 주파수 분할 접속 방식 (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 은 유·무선채널에서 고속 데이터 전송에 적합한 방식으로 최근 활발히 연구되고 있다. OFDM 방식에서는 상호 직교성을 갖는 복수의 반송파를 사용하므로 주파수 이용효율이 높아지고, 송수신단에서 이러한 복수의 반송파를 변·복조하는 과정을 IFFT와 FFT를 사용하여 고속으로 구현할 수 있는 장점이 있다.

OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기법은 OFDM 전송 방식과 주파수 분할 다중 접속 (FDMA : Frequency Division Multiple Access) 결합하여, 다중 사용자가 서로 다른 부반송파를 통해 동시에 신호를 전송하는 방식으로, 인접한 부반송파간에 직교성을 유지함으로써 높은 대역폭 효율을 가지며, 간단한 단일펄스 등화기로 채널의 왜곡을 보상할 수 있기 때문에 주파수 선택적 페이딩 채널에 강한 특성을 갖게 된다. 또한 심각한 인접 심볼간 간섭 (ISI : Inter Symbol Interference) 문제를 Cyclic Prefix (CP)를 사용하여 쉽게 해결할 수 있고, 주파수 선택적 페이딩 현상과 협대역 간섭에 강한 특성으로 인해, 차세대 광대역 무선 다중 접속 방식 중 하나로 제안되고 있다.

하지만, 이러한 OFDMA 시스템의 장점은 OFDM 시스템과 마찬가지로 부반송파간의 직교성이 유지되는 경우에만 가능하며, 직교성이 파괴되는 경우에는 인접 채널간 간섭 (ICI : Inter Carrier Interference)이 발생되어 시스템 성능을 저하 시키게 된다. 각 사용자를 주파수 축에서 부반송파를 통해 구분하는 OFDMA 상향링크 시스템에서는 사용자들의 서로 다른 시간 동기 오차는 ISI 뿐만 아니라, 다중 접속 간섭 (MAI : Multiple Access Interference)을 발생시키고 전체적인 시스템 성능을 열화시키게 된다. 따라서 OFDMA 시스템의 상향 링크에서는 무엇보다도 정확한 심볼 시간 동기화가 필수적이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 OFDM 시스템 및 OFDMA 시스템 상향 링크에서의 심볼 오프셋의 영향을 설명한다. 3 장에서는 OFDMA 시스템에서의 동기화 방법에 대해 설명하고, 4 장에서는 IEEE 802.16 WMAN 에서 제안된 시스템 파라미터와 훈련심볼을 이용, 동기 추정 시뮬레이션을 통해 성능을 확인한다. 마지막으로 5 장에서는 결론을 도출한다.

2. 심볼 오프셋의 영향

2.1 OFDM 시스템

일반적인 OFDM 시스템에서 p 번째 사용자의 기저대역 OFDM 전송신호는 식(1)과 같이 표현될 수 있다.

$$x_p(m) = \sum_{k=0}^{N_g-1} X_{p,k} e^{j2\pi km/N}, \quad -N_g \leq m \leq N-1 \quad (1)$$

여기서, N 은 전체 부반송파의 개수이고, N_g 는 CP의 길이를 나타내며, $X_{p,k}$ 는 k 번째 부반송파를 통해 전송되는 p 번째 사용자의 신호이다.

OFDM 시스템 수신단에서 정확한 시간 동기화가 수행되지 않았다고 가정한다면, 그림 1의 (b)와 (c)의 경우와 같은 두가지 심볼 시간 오프셋을 고려할 수 있다. 그림에서 먼저 수신단 FFT 시작점이 CP 구간내에 존재하게 되는 (b)의 경우를 살펴보면, 편의상 잡음 및 채널의 영향이 존재하지 않는 상황을 가정했을 때, p 번째 사용자의 수신단 FFT 입력 OFDM 신호 중에서 m 번째 신호는 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$y_p(m) = x_p(m+\theta), \quad 0 \leq m \leq N-1 \\ N_g \leq \theta < 0 \quad (2)$$

여기서, $\theta = \frac{T_{TOF} + \tau_l}{T_s}$ T_{TOF} 는 전송지연 시간을 나타내고, τ_l 는 다중 경로 채널의 지연 확산을 나타내며 θ 는 정확한 시