

OFDMA 상향 링크 시스템에서 PN 시퀀스의 낮은 Cross correlation 특성을 이용한 주파수 오차 추정

*민현기⁽¹⁾, 김석중⁽¹⁾, 방극준⁽²⁾, **홍대식⁽¹⁾
 연세대학교 전기전자공학부⁽¹⁾, 인덕대학교 인터넷 TV방송과⁽²⁾
 e-mail : *darkofm@yonsei.ac.kr, **daesikh@yonsei.ac.kr
 Homepage: http://mirinae.yonsei.ac.kr

Frequency Offset Estimation in OFDMA Uplink System Using Low Cross-correlation Property of PN Sequences

*Hyunkee Min⁽¹⁾, Seokjoong Kim⁽¹⁾, Keukjoon Bang⁽²⁾, and **Daesik Hong⁽¹⁾
 Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei Univ⁽¹⁾, Induk Institute of Technology⁽²⁾

Abstract

A new frequency offset estimator using low cross-property of PN sequences is proposed in the orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) uplink systems. Simulation results show that the proposed estimator improves the mean square error (MSE) performance compared to conventional estimator [2] where each user have both different timing offset and different frequency offset. In addition, the MSE performance is improved as the length of PN sequence increases.

I. 서론

직교 주파수 분할 다중 접속 (OFDMA) 방식은 IEEE wireless MAN standard 802.16a에서 채택된 3 가지 물리계층 다중 접속 방식 중의 하나이다. 이 방법은 사용자를 부반송파 수준에서 FDMA 방식으로 구분하기 때문에 하나의 셀 안에서는 다중 접속 간섭을 제거할 수 있다는 장점이 있다 [1].

그러나 OFDMA 시스템에서 부반송파간의 직교성을 유지하기 위해서는 시간 및 주파수 동기화 과정이 반드시 필요하다. 시간 오차는 기지국과 이동국 사이의 거리에 따른 전송 지연에 기인하며, 이것은 연속으로 전송된 심볼들 사이에 간섭을 유발한다. 주파수 오차는 Doppler shifts나 송수신기의 oscillator의 불안정성

때문에 발생하며, 이것은 인접한 부반송파 사이에 간섭을 유발한다. 이를 해결하기 위해 Morelli는 송신단에서 똑같은 2개의 심볼을 연속하여 전송하고, 수신단에서 추정된 채널 시간 응답의 파워를 측정하여 시간 오차를 추정하고, 인접한 두 심볼의 correlation을 이용하여 주파수 오차를 추정하는 알고리즘을 제안하였다 [2]. 그러나 이 알고리즘은 동기화를 요구하는 사용자가 1명일 때에만 추정이 가능하다. 따라서 다수의 사용자들이 동시에 동기화를 요구할 때에도 시간 및 주파수 오차 추정이 가능한 알고리즘이 요구된다. Fu와 Minn은 PN 시퀀스의 낮은 cross correlation 특성을 이용하여 각 사용자의 시간 오차를 추정하는 알고리즘을 제안하고 있다 [3]. 그러나 Fu와 Minn의 알고리즘은 각 사용자의 주파수 오차를 추정하지는 못한다.

따라서 본 논문에서는 Fu와 Minn이 제시한 프리엠블을 사용하여 시간 오차가 완료되었을 때, 이 프리엠블을 그대로 이용하여 주파수 오차를 추정하는 알고리즘을 제안하고, 이 알고리즘의 mean square error (MSE) 성능을 보인다.

II. 본론

OFDMA 상향 링크 시스템에서 m 번째 사용자를 위한 시간 및 주파수 동기화를 위해서 그림 1과 같은 프리엠블을 이용한다 [3]. 그림 1에서 N 은 한 개의 OFDM 심볼의 길이이고, N_g 는 cyclic prefix (CP)의 길이이다. 제안된 알고리즘에서는 m 번째 사용자를 위한 PN 시퀀스를 OFDM 변조하고, 이 심볼을 복사하여 두 개의 심볼 시간 동안 연속하여 전송한다. 각각의 사용자의 신호는 서로 다른 채널, 시간 오차 및 주파수 오차를 겪고 수신된다. m 번째 사용자의 시간 오차와 주파수 오차를 각각 $d_{off,m}$, $f_{off,m}$ 이라고 하면, K 명의 사용자가 동시에 접속할 때의

1) 본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실 지원사업의 연구 결과임.

2) 이 논문은 한국과학재단이 주관하는 국가지정연구실사업 (NRL:R0A-2007-000-20043-0)의 지원을 받아 연구되었음.

수신신호는 아래와 같다.

$$r(n) = \sum_{m=1}^K e^{-j2\pi f_{off,m}n/N} s_m(n - d_{off,m}) + w(n), \quad (1)$$

여기서 $s_m(n)$ 은 m 번째 사용자의 전송 신호가 채널을 겪었을 때, n 번째 부반송파의 신호이다. Fu와 Minn의 알고리즘에 의해 m 번째 사용자의 시간 오차가 $\hat{d}_{off,m}$ 으로 추정되었을 때, 제안하는 주파수 오차 추정 알고리즘은 아래와 같다.

$$\hat{f}_{off,m} = \frac{1}{2\pi} \arg \sum_{i=0}^{N-1} [r(\hat{d}_{off,m} + N + i) C_m^*(k)] \times [r(\hat{d}_{off,m} + i) C_m^*(k)]^*$$

여기서 $C_m(k)$ 는 m 번째 사용자를 위한 PN 시퀀스를 OFDM 변조한 신호이다. 제안된 알고리즘에서는 m 번째 사용자의 주파수 오차를 추정하기 위해 첫 번째 수신 심볼과 두 번째 수신 심볼에 각각 $C_m^*(k)$ 를 곱해준 신호의 correlation을 이용한다. 수신 신호에 $C_m^*(k)$ 를 곱해주면, PN 시퀀스의 낮은 cross correlation 특성에 의해 m 번째 사용자를 제외한 다른 사용자의 신호 파워가 상대적으로 작아진다. 따라서 (2)의 알고리즘에 의해 m 번째 사용자의 주파수 오차만을 추정할 수 있게 된다.

III. 실험 결과 및 결론

그림 2에서는 전체 사용자 수 $K=1, 2, 4, 8$ 일 때의 주파수 오차 추정의 MSE 성능을 나타내었다. 그림에서 Morelli의 알고리즘은 다수의 사용자가 서로 다른 주파수 오차를 가진 환경에서는 주파수 오차를 추정할 수 없다. 그러나 제안된 기법은 K 가 증가할수록 다른 사용자의 간섭이 증가하기 때문에 MSE 성능은 떨어지지만, 추정이 가능함을 알 수 있다.

그림 3에서는 $N=128, 256, 512, 1024$ 일 때의 MSE 성능을 나타내었다. N 이 커질수록 PN 코드의 낮은 cross correlation 특성이 좋아지므로, 주파수 오차 추정의 성능 향상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 다수의 사용자가 서로 다른 시간 및 주파수 오차를 가진 환경에서 주파수 오차 추정이 가능한 새로운 주파수 오차 추정 기법을 제안하였으며, 이 기법은 N 을 증가시키면 주파수 오차에 대한 추정 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] H. Min, J. Kim, S. Lee, K. Kwak, K. Bang, and D. Hong, "A new timing offset estimation algorithm using phase difference between adjacent subcarriers in interleaved OFDMA uplink systems," *IEEE WCNC*

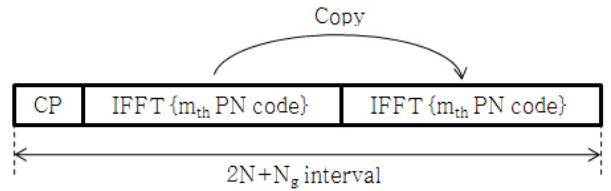


그림 1. m 번째 사용자의 시간 및 주파수 동기화를 위한 프리앰블 구조

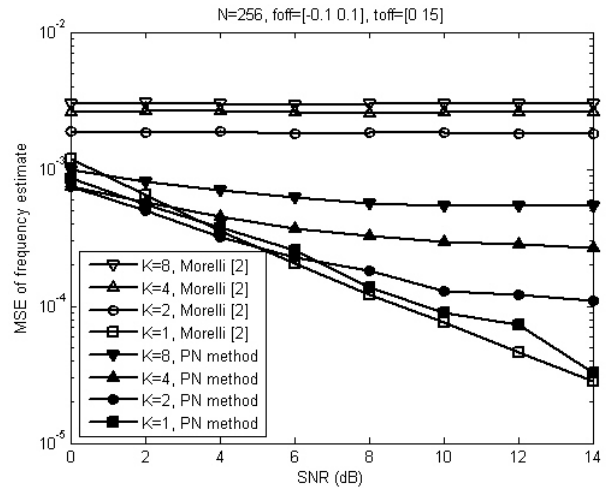


그림 2. $K=1, 2, 4, 8$ 일 때의 주파수 오차 추정의 MSE 성능

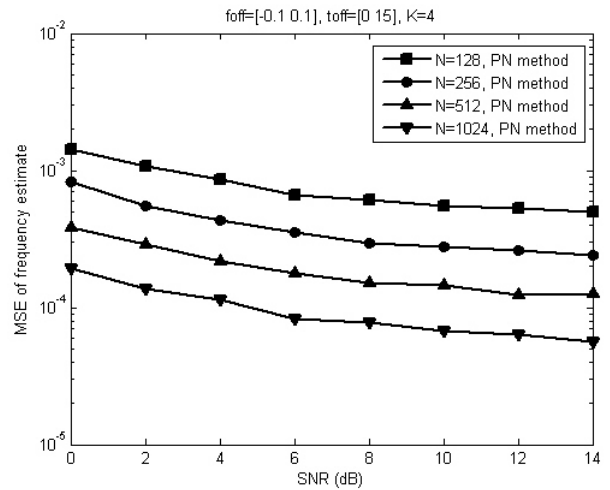


그림 3. $N=128, 256, 512, 1024$ 일 때의 주파수 오차 추정의 MSE 성능

2007 pp. 2431-2435, 11-15 Mar. 2007.

[2] M. Morelli, "Timing and frequency synchronization for the uplink of an OFDMA system," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 52, pp. 296-306, Feb. 2004
 [3] X. Fu and H. Minn, "Initial Uplink Synchronization and Power Control (Ranging Process) for OFDMA Systems," *IEEE Comm. Society*, vol. 6, no. 29, Dec. 2004.