Phase Shitf Orthogonal Sequence를 이용한 OFDMA 상향 링크 시스템에서의 시간 및 주파수 오차 추정 알고리즘

*민현기, 주형식, 이성은, 곽경철, 홍대식
연세대학교 전기전자공학부 정보통신연구실
darkofm@itl.yonsei.ac.kr

Joint Timing and Frequency Offset Estimation in OFDMA Uplink Systems Using Phase Shift Orthogonal Sequence

*Hyunkee Min, Hyungsik Ju, Sungeun Lee, Kyungchul Kwak, Daesik Hong
Information and Telecommunication Lab.
Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei Univ.

Abstract

We present a multiuser synchronization scheme for OFDMA uplink systems. First a new preamble structure is proposed by which timing and frequency offsets estimation is developed. Based on proposed structure a new joint synchronization scheme is presented and the simulation results show that the performance of this scheme don't suffer from the number of users.

I. 서론

Orthogonal frequency division multiple access (OFDMA)는 IEEE wireless MAN standard 802.16a에서 채택된 3가지 물리계층 다중 접속 방식 중의 하나로 부반송파를 그룹을 지어 부채널을 만들고, 이를 여러 사용자에게 할당하는 방식을 사용한다. 이 방법은 사용자를 부반송파 수준에서 FDMA 방식으로 구분하기 때문에 하나의 cell 안에서는 multiple-access interference (MAI)를 제거할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 OFDMA 시스템에서 부반송파간의 직교성을 유지하기 위해서는 시간 및 주파수 동기화 과정이 반드시 필요하다. 시간 오차 (timing offset)는 mobile station (MS)와 base station (BS) 사이의 거리에 따른 전송 지연에 기인하며, 이것은 연속으로 전송된 OFDM symbol들 사이에 inter-symbol interference (ISI)를 유발하게 된다. 이는 전체 OFDMA 시스템의 사용자 간의 직교성을 깨뜨리게 되어 error rate의 성능 열화를 가져오게 된다. 주파수 오차 (frequency offset)는 Doppler shift나 송수신기의 oscillator의 불안정성 때문에 발생한다. 주파수 오차는 inter-channel interference (ICI)를 야기하며, 결국 error rate의 성능 열화로 이어지게 된다.

본 논문에서는 OFDMA 상향 링크의 상황에서 시간 및 주파수 오차를 추정할 수 있는 새로운 프리엠블 구조를 제안하고, 이를 이용한 추정 알고리즘의 Mean square error (MSE) 성능을 보일 것이다.

II. 본론

N개의 부반송파를 Q개의 부채널로 그룹 지어 사용하는 OFDMA 시스템을 고려한다. 이 때, $p = N/Q$는 각 사용자에게 할당된 부반송파의 수가 되고, CP의 길이는 Ng이다. 제안하는 프리
엠블의 구조는 그림 1처럼 1개의 PN code와 2개의 phase shift orthogonal (PSO) sequence로 구성되어 있다. 이 때, k번째 사용자를 위한 프리엠블은 (1)과 같이 표현할 수 있다.

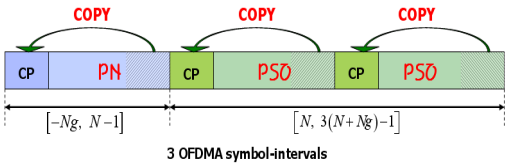

그림 1 프리엠블 구조

$$x_k(n)=\begin{cases}\frac{1}{\sqrt{N}}\sum_{i=0}^{N-1}c_m[i]e^{j2\pi in/N}, \\ \quad \text{for } n\in\{-Ng,...,N-1\} \\ \frac{1}{\sqrt{N}}\sum_{i=0}^{N-1}c_m[i]e^{j2\pi in/N}, \\ \quad \text{for } n\in\{N,...,3(N+Ng)-1\}\end{cases} \quad (1)$$

단 c_m은 m번째 PN code를 의미하고, s_m은 m번째 PSO sequence를 의미한다. PN code는 시간 오차를 추정하는데 이용하고, 2개의 phase shift orthogonal은 주파수 오차를 추정하는 데 이용한다. 수신단에는 각 사용자의 시간 및 주파수 오차를 추정하기 위해 Q개의 correlator로 구성되어 있다. PN code는 서로 다른 PN code간의 cross correlation 값이 매우 작으므로 수신 신호에 각각의 PN code를 곱함으로써 사용자를 구별하며, 동시에 시간 오차를 추정한다. 다음으로 주파수 오차 추정은 PSO sequence의 직교성을 이용한다. 서로 다른 PSO의 cross correlation 값은 아래의 조건 (3)을 만족하면 channel을 겪더라도 0이 된다.

$$(d_{\max}+L)<\frac{N}{Q} \quad (3)$$

단, $d_{\max}$는 최대 시간 지연, L은 채널의 길이, N/Q는 PSO sequence의 사용자간 separation 간격을 의미한다. 이 때, 수신 신호의 2개의 PSO 위치에 m번째 PSO를 각각 곱해주게 되면 다른 PSO의 영향을 제거할 수 있게 되고, m번째 사용자만의 주파수 오차를 추정할 수 있게 된다.

III. 실험 결과 및 결론

실험 결과에서는 제안된 프리엠블과 제안된 추정 알고리즘을 이용했을 때의 OFDMA 상향 링크에서의 주파수 오차 추정 성능의 MSE를 보이고 있다. $N=1024$이고, $Q=16$, $d_{\max}=32$의 경우에서 실험하였으며, 시간 오차는 완벽하게 추정하고 있다고 가정하였다. 그림에서 RSS는 사용자의 수를 의미한다. 그림 2는 AWGN 채널에서의 주파수 오차 추정의 MSE 결과를 나타낸다. 그림에서 살펴보면, 사용자 수의 증가에 관계없이 주파수 오차를 독립적으로 잘 추정함을 알 수 있다. 그림 3은 10개의 tap을 가지고, power delay spread profile은 0.2인 exponential decaying 채널에서의 주파수 오차 추정의 MSE 결과를 나타내고 있다. 이 결과를 보면 제안된 알고리즘은 채널에 의한 성능 열화는 발생하지만, 사용자 수 증가에 따른 성능 열화는 없음을 알 수 있다.

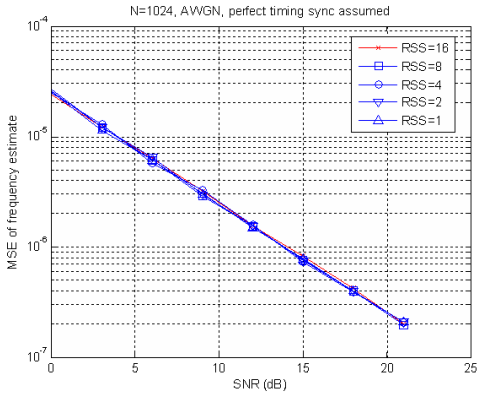

그림2 AWGN 채널에서의 주파수 오차 추정 MSE

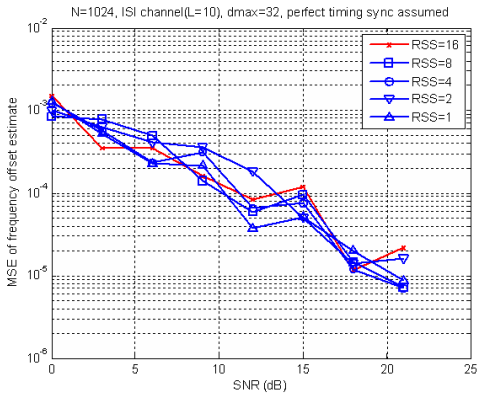

그림3 ISI 채널에서의 주파수 오차 추정 MSE

※ 본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실 지원 사업의 연구결과입니다.

참고문헌

[1] Minn, H., Xiaoyu Fu , “Initial Uplink Synchronization and Power Control (Ranging Process) for OFDMA Systems,” IEEE Globecom 2004.

[2] Minn, H., Xiaoyu Fu , “A new ranging method for OFDMA systems,” IEEE Globecom 2005, vol. 3, pp. 1435-1440.