

OFDMA 상향 링크 시스템에서 BLUE에 기반한 시간 동기 추정 알고리즘

이 성 은, 유 화 선, 홍 대 식
연세대학교 전기전자공학과 정보통신연구소
softmind@itl.yonsei.ac.kr

Timing Synchronization based on the Best Linear Unbiased Estimator in OFDMA Uplink systems

Seongeun Lee, Hwasun Yoo, and Daesik Hong

Center for Information Technology of Yonsei University (CITY),

Info. and Telecomm. Lab., Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei University

요 약

본 논문에서는 OFDMA 상향 링크 시스템에서 Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)에 기반한 시간 동기 추정 알고리즘을 제안한다. 새로운 추정 알고리즘은 주파수 축에서 인접한 부반송파 간의 위상 차이를 이용하여 시간 오차를 추정한다. 제안된 추정 알고리즘은 기존의 추정 방법과 비교하여 넓은 추정 범위와 비교적 정확한 추정 성능을 보이며 채널의 주파수 선택적 특성에 의한 왜곡에도 강건하다.

추정기의 성능은 평균 자승 오차와 평균 신호 대 간섭비에 의해 평가되었으며, 모의 실험 결과에 의하여 제안된 추정 알고리즘이 기존의 추정 방법에 비해 상대적으로 작은 평균 자승 오차를 가지는 것을 확인할 수 있다. 또한 제안된 추정 알고리즘은 추정 오차에 의한 성능 열화가 거의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다.

I. 서 론

직교 주파수 분할 다중 접속 방식 (OFDMA : Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기법은 다중 사용자가 서로 다른 부반송파를 통해 동시에 신호를 전송하는 방식으로, 주파수 선택적 페이딩 현상과 협대역 간섭에 강한 특성으로 인해 차세대 광대역 무선 다중 접속 방식으로 제안되고 있다 [1][2].

그러나, OFDMA 시스템은 직교 주파수 분할 접속 방식 (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템과 마찬가지로 시간 동기에 매우 민감한 특성을 가지고 있다. OFDMA 상향 링크 시스템에서 사용자들의 서로 다른 시간 동기 오차는 인접 심볼간 간섭 (ISI : Inter-symbol Interference) 뿐만 아니라, 다중 접속 간섭 (MAI : Multiple Access Interference)을 발생시키고 전체적인 시스템 성능을 열화시키게 된다 [3][4].

이러한 간섭을 완화시키기 위해 OFDMA 상향 링크 시스템에서 동기를 추정하기 위한 많은 연구가 필요하지만, 시간 축에서 각 사용자의 신호를 구분할 수 없기 때문에 현재 몇몇 알고리즘만이 제안되어 있다. Van de Beek는 BPF를 이용하여 사용자를 구분하고 시간 오차를 추정하는 알고리즘을 제안하였다 [5]. 그러나 이 알고리즘은 주파수 선택적 채널 환경에서 심각한 성능 열화를 발생시킨다. Laroia는 주파수축에서 상관기를 통해서 시간 오차를 추정하는 알고리즘을 제안하였다 [6]. 그러나 모든 시간 오차에 대해 상관관계를 조사하여야 하기 때문에 복잡도가 매우 큰 단점이 있다. Morelli는 interleaved 부반송파 할당 기법을 이용하여 채널 임펄스 응답을 통해 시간 오차를 추정하는 알고리즘을 제안하였

본 논문은 한국산업기술평가원에 의해 지원되었음.

다 [7]. 그러나 부반송파 할당 기법에 따른 신호의 주기성에 의해 시간 오차를 추정할 수 있는 범위가 매우 작고 각 사용자의 주파수 오차에 의해 큰 추정 성능 열화가 발생한다. 또한 가장 부반송파를 사용하는 실제 시스템에 적용할 수 없다.

본 논문에서는 OFDMA 상향 링크 시스템에서 시간 동기를 추정하기 위한 새로운 추정 알고리즘을 제안한다. 제안된 추정 알고리즘은 인접한 부반송파간의 위상 회전의 차이를 이용하여 시간 동기를 추정한다. 인접한 부반송파간의 상관관계를 이용하면 추정할 수 있는 시간 오차 범위를 조절할 수 있고 주파수 선택적 채널에 의한 혼련 심볼 신호의 왜곡을 줄일 수 있다. 또한 제안된 알고리즘은 모든 시간 오차에 대해 상관관계를 조사할 필요 없이 위상 값 자체만을 계산하면 되기 때문에 복잡도를 낮추게 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 OFDMA 상향 링크 시스템 모델과 시간 동기 오차의 영향을 설명한다. III장에서는 BLUE에 기반한 새로운 시간 동기 추정기를 제안한다. IV장에서는 모의 실험 결과를 통해 제안된 추정기의 성능을 비교, 분석한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. OFDMA 상향 링크 시스템 모델

서로 다른 P 명의 사용자가 동시에 하나의 기지국에 접속을 시도하려는 OFDMA 상향 링크 시스템을 고려하도록 하자. 시스템은 전체 N 개의 부반송파로 이루어져 있고, 이는 실제로 신호를 전송하는 N_m 개의 부반송파와 N_p 개의 가장 부반송파로 나누어진다. 기지국은 임의의 부반송파로 이루어진 부채널 T_p 를 p 번째 사용자에게 할당하고, 이 부채널 T_p 는 다음의 조건을 만족한다