

시간 오차가 존재하는 환경에서 OFDM 시스템에 알맞은 새로운 주파수 오프셋 추정 기법

*이창윤, *김상훈, *윤석호, **김선용

*성균관대학교, **진국대학교
syoon@ece.skku.ac.kr

A new frequency offset estimation scheme for OFDM systems in the presence of timing error

*Changyoon Lee, *Sanghun Kim, *Seokho Yoon, and **Sun Yong Kim
*Sungkyunkwan University, **Kunkuk University

요약

본 논문에서는 직교 주파수 분할 다중화 (orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) 시스템에서 시간 오차 (timing error) 존재할 때 주파수 오프셋 (frequency offset) 추정하는 문제를 다루었다. 시간 오차가 존재할 때, 주파수 오프셋 추정을 위해 이용되는 상관값이 감소 할 수 있는데, 이것은 결과적으로 추정 성능의 저하를 가져온다. 이러한 문제를 해결하고자, 이 논문에서는 동기 위상 범위와 (coherence phase bandwidth: CPB) 문턱값을 이용한, 새로운 주파수 오프셋 추정 기법을 제안하였다. 또한 주파수 오프셋의 재추정을 위한 시간 오차 추정 기법도 제안하였다.

1. 서론

직교 주파수 분할 다중화 (orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) 기술은 주파수 효율이 높고 다중경로 페이딩, 충격성 잡음에 (impulsive noise) 강하기 때문에 IEEE (institute of electrical and electronics engineers) 802.11a, HiperLAN/2 (high performance local area network type 2), MMAC (mobile multimedia access communication) 등의 무선 네트워크 표준 변조 방식으로 널리 채택되어 왔다 [1]. 그러나 직교 주파수 분할 다중화 기술은 도플러 (Doppler) 효과나 송신기와 수신기 사이의 발진기 (oscillator) 불일치에 의한 주파수 오프셋에 (frequency offset) 굉장히 민감하다 [2]. 따라서 직교 주파수 분할 다중 시스템에서 주파수 오프셋의 정확한 추정은 중요한 기술적 문제 가운데 하나이다 [3].

현재까지 많은 주파수 오프셋 추정 기법들이 연구되어 왔지만 [4]-[7], 대부분의 연구는 시간 오차가 없다는 가정하에서 연구 되어 왔다. 실제로 수신기에서 주파수 오프셋 추정 이전에는 신호대 잡음비가 (signal to noise ratio) 매우 낮기 때문에, 직교 주파수 분할 다중 심벌의 도착 시간을 정하기란 매우 어렵다. 따라서 주파수 오프셋 추정 과정에 시간 오차가 없다는 가정은 적절하지 않다. Bang은 시간 오차에 강인한 효과적인 주파수 오프셋 추정 기법을 제안 하였다 [8]. Bang의 기법은 시간 오차가 있어도 주파수 오프셋 추정 성능이 좋지만, 예상되는 주파수 오프셋의 범위가 증가할수록 구현 복잡도가 증가한다.

본문에서는 동기 위상 범위와 (coherence phase bandwidth: CPB) 문턱값을 이용한 새로운 주파수 오프셋 추정 기법을 제안하고자 한다. 새롭게 제안한 기법은 시간 오차가 존재할 때에도 Bang의 기법과 비슷한 성능을 내지만, 계산 복잡도는 더 작다. 또한 제안한 주파수 오프셋 추정 기법으로 보완한 직교 주파수 분할 다중 심벌을 이용하여 시간 오차를 추정하는 기법도 제안하였다.

2. 시간 오차가 주파수 오프셋 추정에 미치는 영향

직교 주파수 분할 다중 심벌은 역 고속 푸리에 변환에 (inverse fast Fourier transform) 의해 생성되며 다음과 같이 표현된다.

$$s_n = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{l=0}^{N-1} S_l e^{j2\pi nl/N}, \quad (1)$$

여기서 S_l 은 l 번째 부반송파로 전송된 위상 편이 변조 (phase shift keying) 혹은 직교 진폭 변조된 (quadrature amplitude modulation) 데이터 심벌이고 N 은 역푸리에 변환의 크기이며, $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 이다. 시간 오차가 있을 때 수신된 신호 r_n 은 다음과 같다.

$$r_n = s_{n-\delta} e^{j2\pi\epsilon(n-\delta)/N} + w_n, \quad (2)$$

여기서 ϵ 은 부반송파 간격 $1/N$ 로 정규화된 주파수 오프셋이고, δ 는 시간 오차를 나타낸다. w_n 은 평균이 0인 복소 덧셈곱 백색 정규 잡음