

# 멀티미디어 무선채널 환경에서 동기 알고리즘 성능분석

김동옥\* · 윤종호\*

\*한국항공대학교

## Performance Analysis of a Synchronization Algorithm For in Multimedia Wireless Channel

Dong Ok Kim , Chong Ho Yoon

\*Dept. of Communication and Information Eng, Hankuk Aviation University.

dokim@hoseo.or.kr

### 요 약

본 논문에서는 OFDM 신호방식을 사용하는 무선채널 환경에서 무선 멀티미디어에 적합한 클럭 동기복원 알고리즘을 제안한다. 제안된 클럭 동기복원 알고리즘의 기본적인 접근은 수신기의 채널 추정기로부터 추정된 채널의 주파수 응답을 획득하여 IFFT를 통해 채널의 충격 응답 또는 다중 경로 강도 프로 파일을 구하고 시간 영역에서 채널의 에너지가 집중된 일정 범위의 위치를 추적하는 것이다. 또한, 샘플링 클럭 오프셋이  $\pm 1 \sim 3$  샘플 있는 경우 64-QAM, 16-QAM의 성좌점을 분석하고, BER 성능을 확인한 결과 최적 샘플 지점에서의 성좌점과 BER 성능에 비하여 2 샘플 이상의 오프셋이 발생했을 경우에는 심한 성능 열화가 나타나는 것을 확인하였고, 시뮬레이션 결과로부터, 제안된 알고리즘이 주파수 선택적 페이딩 채널에서도 우수한 동기특성을 제공할 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose the synchronization recovery algorithm which is suitable to wireless multimedia of wireless channel situation which is being used OFDM signaling method. The basic of the suggested clock synchronization restoration Algorithm is to getting the shock response of channel or getting the multipath strength profile through IFFT after the getting the frequency, response of deducted channel from channel deductor of receiver and to trace the location in the channel energy concentrated area of timing area. And it also analysis the start point of 64-QAM and 16-QAM if the sampling clock offset has the sample of  $\pm 1 \sim 3$ , and we identified the occurrence of performance deterioration when occurs more than 2 samples of offset to compare with star point and BER performance in optimum sampling point result of BER performance checking, and we know that the recovery algorithm proposed algorithm also provide excellent synchronization characteries under frequency, selecting fading channel as result of simulation.

### 키워드

synchronization, wireless multimedia, OFDM,

## 1. 서 론

OFDM 시스템에서의 타이밍 동기(time synchronization)는 정확한 신호의 병렬처리를 위한 FFT (fast Fourier transform) 윈도우 위치 복원과 ADC의 미세한 샘플링 클럭을 제어하는 샘플링 클럭 복원으로 구성된다. OFDM 방식의 특성상 FFT 윈도우 위치 복원은 시간 영역에서 보호구간을 이용하는 대략적인 윈도우 위치

복원과 FFT 블록 이후 파일럿의 위상 회전량을 이용하는 미세 윈도우 위치 복원으로 나누어지나 IEEE 802.11a에서는 프레임 동기를 위하여 프리엠블의 짧은 훈련 신호(short training symbol)를 사용한다.

샘플링 클럭 복원은 매 심볼마다 주기적으로 삽입되는 파일럿의 위상 회전량을 이용하여 미세한 샘플 오차를 보정해야 한다.

따라서 본 논문에서는 OFDM 신호방식을 사용하는

무선채널 환경에서 무선 멀티미디어에 적합한 클럭 동기복원 알고리즘을 제안한다. 제안된 클럭 동기복원 알고리즘의 기본적인 접근은 수신기의 채널 추정기로부터 추정된 채널의 주파수 응답을 획득하여 IFFT를 통해 채널의 충격 응답 또는 다중 경로 강도 프로파일을 구하고 시간 영역에서 채널의 에너지가 집중된 일정 범위의 위치를 추적하는 것이다. 본 논문에서는 샘플링 클럭 오프셋이  $\pm 1 \sim 3$  샘플있는 경우 64-QAM, 16-QAM의 성좌점을 분석하고, BER 성능에 대해 모의실험을 하였고 또한, 최적 샘플 지점에서의 성좌점과 BER 성능에 비하여 2 샘플 이상의 오프셋이 발생했을 경우의 성능 열화에 대해 성능 분석을 하였다.

## II. 제안 동기방법

일반적으로 동기 알고리즘을 적용한 OFDM 수신기의 경우 상대적으로 매우 큰 강도를 가지는 최선행 도착 직선 경로가 존재하는 라이시안 페이딩 채널(Ricean fading channel)에서는 심볼간 간섭이 발생하지 않지만, 다중 경로 확산 지연이 상당히 길고 각 경로의 강도가 지연에 따라 충분히 감소하지 않는 채널에서는 결과적으로 심볼간 간섭을 유발하는 심볼 시간 오차가 발생하여 성능의 열화가 나타나게 된다.

본 논문에서 제안하는 클럭 동기 알고리즘은 주파수 동기를 위해 단 두 개의 부반송파만을 사용한다. 여기서는 이들 부반송파를  $k_1$ ,  $k_2$  번째 부반송파라 부르기로 한다. 연속해서 수신된 두 개의 OFDM 심볼안에서  $k$  번째 부반송파를 통하여 전송된 복소신호간의 위상차  $\Delta k$ 는 주파수 오프셋, 샘플링 클럭 주파수 오프셋의 영향으로 식(1)로 표현할 수 있다.

$$\Delta x = \phi_{j+1}(x) - \phi_j(x) = \phi_{\Delta f} + \phi_{\Delta f, j}(x) + \Delta \phi_{\Delta f, c}(x) \quad (1)$$

여기서  $\phi_j(k)$ 는  $j$  번째 OFDM 심볼안에서  $k$  번째 부반송파를 통하여 전송된 복소신호의 위상을 의미한다. 식으로부터  $\Delta k$ 는 주파수 오프셋으로 인한 위상 변화량,  $j$  번째 심볼의  $k$  번째 부반송파에 샘플링 클럭 오프셋에 의하여 발생하는 위상 변화량, 그리고  $j+1$  번째 심볼의  $k$  번째 부반송파에 샘플링 클럭 오프셋에 의하여 발생하는 위상 증가량을 의미한다. 부반송파  $k_1$ ,  $k_2$ 에 대한 위상차는 식 (2)와 같이 표현할 수

있다.

$$\begin{aligned} \Delta k_1 &= \phi_{\Delta f} + \phi_{\Delta f, j}(k_1) + \Delta \phi_{\Delta f, c}(k_1) = \phi_{\Delta f} + \phi_{\Delta f, j}(k_1) \\ \Delta k_2 &= \phi_{\Delta f} + \phi_{\Delta f, j}(k_2) + \Delta \phi_{\Delta f, c}(k_2) = \phi_{\Delta f} + \phi_{\Delta f, j}(k_2) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 샘플링 클럭 위상 오프셋에 따른 위상의 영향은 반송파 번호에 비례하므로 식을 단순하게 표현할 수 있다.

$$\Delta \phi_{\Delta f, c}(k) = k \Delta \phi_{\Delta f, c} \quad (3)$$

따라서 식(2)에 식(3)을 대입하면

$$\begin{aligned} \Delta k_1 &= \phi_{\Delta f} + k_1 \Delta \phi_{\Delta f, c} \\ \Delta k_2 &= \phi_{\Delta f} + k_2 \Delta \phi_{\Delta f, c} \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)를 서로 가감하면 그 결과는 다음과 같다.

$$\Delta \phi_{\Delta f, c} = \frac{\Delta k_2 - \Delta k_1}{k_2 - k_1} \quad (5)$$

따라서 가감법을 이용하여 샘플링 클럭 주파수 오프셋에 의한 두 심볼간의 위상 변화량을 추출할 수가 있으며 이 알고리즘은 식(5)에서와 같이 주파수 오프셋의 크기가 적을 경우 그 영향을 크게 받지 않음을 알 수 있다.

## III. 모의실험 결과

본 논문에서 제안한 샘플링 클럭 심볼 동기 알고리즘의 성능 평가를 위해 모의실험을 수행하였다. ADC의 미세한 샘플 오차를 보상하는 샘플링 클럭 복원 알고리즘은 매 심볼마다 주기적으로 삽입되는 4개의 파일럿 부반송파를 사용한다. IEEE 802.11a 프리앰블 규격을 참고로 설계한 OFDM 프레임은 데이터용 부반송파로 -26~-22, -20~-8, -6~-1, 1~6, 8~20, 22~26 번호의 48개를 사용하며 파일럿용으로는 -21, -7, 7, 21의 4개 부반송파를 사용한다.

샘플링 클럭 오프셋이 발생하였을 경우 파일럿 쌍간의 위상 회전량을 추정하고 이 값을 PLL(Phase-

Locked Loop)을 통하여 Feedback방식으로 보상하는 알고리즘의 구조는 그림 1과 같다.

그림 2에서는 파일럿 부반송파 4개를 사용할때 정규화한 샘플에 따른 위상 검출기의 출력 특성과 SNR 환경에 따른 영향을 나타내었다. 파일럿의 위상 회전량을 이용한 알고리즘은 낮은 SNR 환경에서도 위상 검출기의 출력이 샘플 오프셋에 따라 뚜렷한 선형영역을 나타내고 있어 PLL을 통한 페루프 설계시 샘플링 클럭 오프셋 포착이 가능하다는 것을 알 수 있다.

또한 잡음이 없는 환경에서의 파일럿 개수에 따른 추적성능 분석을 위한 환경으로는 1차의 PLL(Phased Locked Loop)을 사용하였으며, 1차 LPF gain은  $8.5 \times 10^{-2}$ , sampling timing offset은 선형 32 sample offset으로 하여 SNR를 20[dB]의 특성을 분석하였다. 또한 파일럿 부반송파의 위상 회전량을 추정하기 위하여 그림3에 나타내었다. 그림4는 LPF의 이득에 따른 파일럿 부 반송파의 개수에 따른 추적성능을 비교하기 위해 시뮬레이션 환경으로는 1차 LPF gain과  $1.2 \times 10^{-1}$ ,  $1.2 \times 10^{-2}$ ,  $8.5 \times 10^{-2}$  그리고 SNR은 20[dB]로 고정하였  $3.5 \times 10^{-2}$ 으며, sampling timing offset를 선형 32 sample offset으로 하였다.

그림4와 같이 1차 LPF의 이득에 따라 초기 포착속도와 지터량에 대한 결과를 통하여 초기 포착 속도를 높이면서 1샘플 이하의 오프셋이 발생하는 이득  $8.5 \times 10^{-2}$ 를 1차 PLL의 LPF 이득으로 결정하여 파일럿 부반송파의 사용개수에 따른 포착속도의 성능을 평가하였다.

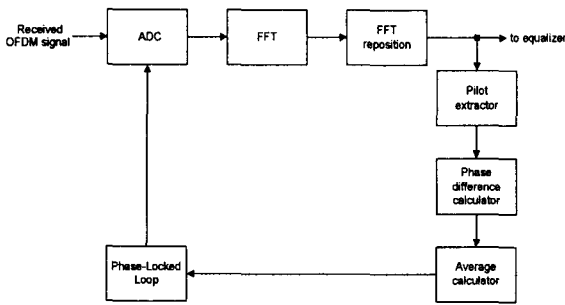


그림 1. 샘플링 클럭 복원 알고리즘 구조.  
Fig 1. Sampling clock recovery algorithm.

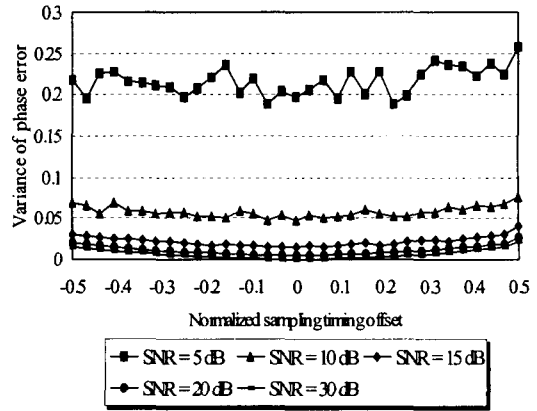


그림 2. 위상 검출기의 출력 특성

Fig 2. Characteristic of phase detector's output.

파일럿 부반송파의 개수에 따라서 추적속도와 정상 상태에서의 지터량도 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

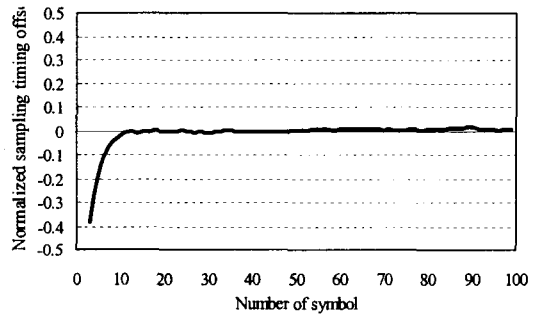


그림 3. 샘플링 클럭 복원 알고리즘 추적성능곡선

Fig 3. Pursuit performance of the sampling clock recovery algorithm

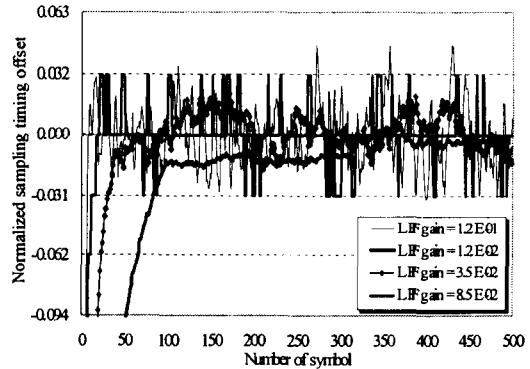


그림4. LPF 이득에 따른 추적 성능 비교.

ADC가 부반송파의 최적 샘플지점을 샘플링 할 때의 성과점과 비교하여 샘플링 클럭 오프셋이  $\pm 1 \sim 3$

샘플 있는 경우 64-QAM과 16-QAM의 성좌점이 최적 지점으로부터 위상 회전이 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 샘플링 클럭 오프셋에 따른 성좌점의 변화에 따라 초기 2 샘플 이상의 샘플링 클럭 오프셋이 발생했을 경우 BER 성능에도 심각한 영향을 주게 된다. 샘플링 클럭 오프셋에 따른 BER 성능 곡선을 64-QAM, 16-QAM의 경우로 그림 5에 나타내었다.

샘플링 클럭 오프셋에 따른 BER 성능 곡선을 살펴 보면, 최적 샘플링 지점의 이론적인 BER 곡선에 비하여 2 샘플 이상의 오프셋이 발생했을 경우 BER 성능이 심하게 열화되는 것을 볼 수 있다. 따라서 무선인터넷용 64-FFT 샘플링 클럭 동기 알고리즘은 샘플링 클럭 오프셋이 발생했을 경우 빠른 포착이 요구된다.

#### IV. 결 론

디지털 수신기의 샘플링 클럭 심볼 시간 동기에 대해 성능분석 하였다. ADC가 부반송파의 최적 샘플링 지점을 샘플링 할 때의 성좌점과 비교하여 샘플링 클럭 오프셋이  $\pm 1 \sim 3$  샘플 있는 경우 64-QAM과 16-QAM의 성좌점이 최적 지점으로부터 위상 회전이 발생하는 것을 확인 하였으며, 이러한 샘플링 클럭 오프셋에 따른 성좌점의 변화에 따라 초기 2 샘플 이상의 샘플링 클럭 오프셋이 발생했을 경우 BER 성능에도 심각한 영향을 주게 된다는 사실을 확인하였다.

샘플링 클럭 오프셋에 따른 BER 성능 곡선을 살펴 보면, 최적 샘플링 지점의 이론적인 BER 곡선에 비하여 2 샘플 이상의 오프셋이 발생했을 경우 BER 성능이 심하게 열화되는 것을 볼 수 있었다. 따라서 무선인터넷용 64-FFT 샘플링 클럭 동기 알고리즘은 샘플링 클럭 오프셋이 발생했을 경우 빠른 포착이 요구된다.

향후 높은 신뢰도가 요구되는 고속 무선 멀티미디어 시스템에 제안하는 샘플링 클럭 심볼 시간 동기 알고리즘을 적용하면 수신 성능을 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] L.E. Franks, "Carrier and bit synchronization in data communication a tutorial review," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-28, no. 8, pp. 1107-1120, Aug. 1980.
- [2] H.C. Osborne, "A generalized polarity type costas loop for tracking mpsk signals," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-30, no.10, pp.

2289-2296, Oct. 1982.

- [3] 김동욱, "무선 멀티미디어를 위한 고속심볼 복원 알고리즘 성능분석", 한국통신학회 2001년 추계학술지, pp 1565-1572, Nov. 2001.
- [4] 김동욱 외1명, "무선디지털 수신기를 위한 보간방식의 반송파 동기 방법", 전자정보통신공학 논문지, Vol.7, No.2, pp. 55-67, Dec. 2001.