
OFDM 방식의 수신기를 위한 보간기의 효율적인 심볼 동기방법의 성능분석

*김동욱 *윤종호

*한국항공대학교

An Efficient symbol Synchronization Scheme with an Interpolator
for Receiving in OFDM

Dong Ok Kim , Chong Ho Yoon

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

dokim@hoseo.or.kr

요 약

본 논문에서는 보간 방식을 사용하는 OFDM 전송방식 통신 시스템에 적합한 새로운 심볼 시간동기 처리 방법을 제시한다. 제안된 방법은 다음과 같은 과정을 거친다. 먼저, 수신되는 포락선 신호의 평균 전력을 연속적으로 측정함으로서, 대략적인 심볼 시간동기설차를 수행한다. 이 절차에 의해, 동기 가능여부에 대한 판정을 한다. 만약 동기가 가능하다고 판단되는 경우, 이어서, 짧은 길이의 훈련신호와 수신된 포락선신호간의 상관성을 측정하는 방법을 사용하여, 정확한 심볼 동기과정을 수행하도록 한다. 마지막으로, 긴 훈련 신호를 사용한 주파수 동기설차를 수행하도록 하는데, 이것은 심볼 시간 동기 과정에서 발생되는 미세한 심볼 동기 오차에 의한 성상도의 회전 효과를 교정할 수 있도록 하기 위함이다. 시뮬레이션 결과로부터, 제안된 동기방법이 주파수 선형적 페이딩 채널 하에서도 우수한 동기특성을 제공함을 알 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new symbol time synchronization scheme suitable for the OFDM system with an interpolator. The proposed scheme performs the following three steps. In the first step, the coarse symbol time synchronization is achieved by continuously measuring the average power of the received envelope signal. Based on this average power, the detection possibility for the symbol time synchronization is determined. If the signal is sufficient for synchronization, we next perform a relatively accurate symbol time synchronization by measuring the correlation between a short training signal and the received envelope signal. Finally, an additional frequency synchronization is performed with a long training signal to correct symbol synchronization errors caused by the phase rotation. From the simulation results, one can see that the proposed synchronization scheme provides a good synchronization performance over frequency selective channels.

키워드

synchronization, OFDM, symbol,

I. 서 론

디지털 통신 시스템 복조기에서는 수신된 이날
모드 신호로부터 심볼 복원을 위해 송신 심볼을

또는 전이 시점 및 그 정수배의 클럭에 봉기화를
정확하게 추정하는 것이 디지털 통신의 복조 과
정에서 반드시 필요한 심볼 동기화의 목적이다.

본 논문에서는 주파수 영역에서 파일럿 심볼을 이용하여 보간 기법을 적용해 최선행 도착 경로를 추적하여 심볼간 간섭을 최소화하는 안정적인 심볼 시간 동기 알고리즘을 제안하고자 한다. 본 논문에서는 인접하는 채널 전달 함수의 샘플들 사이에 낮은 복잡도의 다항식 보간법(polynomial interpolation)을 적용하여 직선을 이용한 1차 선형보간법과 파일럿 부반송파의 위상 회전량을 추정하기 위하여 사용된 부반송파의 개수에 따른 추적성능에 대해 모의 실험을 하였다.

본 서론에 이어, 제Ⅱ장에서는 본 논문에서 제안한 심볼 시간 동기 알고리즘의 기본적인 접근 방법을 기술한다. Ⅲ장에서는 제안한 방법에 대한 모의실험에 따른 성능분석과 실험 결과에 대하여 고찰하였으며, 마지막으로 Ⅳ장에서는 결론을 제시한다.

II. 제안한 수신기의 효율적인 동기방법

기존 심볼 시간 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 지역이 상당히 길고 각 경로의 강도가 지역에 따라 충분히 감쇠하지 않는 채널에서는 결과적으로 심볼간 간섭을 유발하는 심볼 시간 오차가 발생하여 성능의 열화가 나타나게 된다.

따라서, 본 논문에서 제안하는 심볼 시간 동기 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. 채널이 가지는 전체 에너지는 채널의 최대 다중 경로 확산 지역의 시간 범위 내에 집중되어 있으며 일반적으로 이 시간 범위는 OFDM 시스템의 보호구간 길이보다 짧다고 전제 할 수 있다. 따라서, IFFT를 통해 구한 채널의 충격 응답을 보호구간 길이의 이동 윈도우를 이용하여 윈도우 내에 포함된 채널의 충격 응답 샘플들의 에너지가 최대가 되는 윈도우의 위치에서 심볼 시간 동기를 획득할 수 있다.

시간 영역에서의 충격 응답은 본래 채널 충격 응답이 지연된 형태를 가지며 AWGN과 심볼간 간섭에 의한 추가잡음 등 모든 잡음을 무시하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$h[n] = h_r[n] \quad (0 \leq n \leq 2N_g - 1) \quad (1)$$

$$= 0 \quad (2N_g \leq n \leq n - 1) \quad (2)$$

위의 충격 응답 $h_r[n]$ 에서 본 알고리즘에 실제로 영향을 미치는 부분은 식 (1)에 해당하는 부분으로 $h_r[n]$ 을 구하기 위해 필요한 채널의 주파수 응답은 다음과 같다.

$$H_r[k] = DFT_{2N_g} \{ h_r[n] \} \quad (3)$$

$$= \sum_{n=0}^{N_g-1} h_r[n] \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N_g} n (\frac{N_g}{2N_g} k)} \quad (4)$$

$$= DFT_N \{ h_r[n] \} + \frac{N_g}{2N_g} k \quad (5)$$

$$= H \left[\frac{N_g}{2N_g} k \right] \quad (6)$$

위의 식들로부터 구해진 최종적인 심볼 시간 오차 추정은 다음의 수식으로 주어진다.

$$\hat{\eta} = \arg \max \left\{ \sum_{i=0}^{N_g-1} | h_r[(i+\eta) \bmod N_g] |^2 \right\} \quad (7)$$

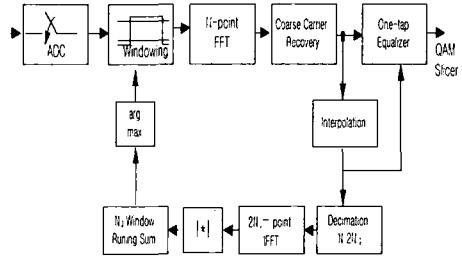


그림 1. 보간을 이용한 심볼 시간 동기 알고리즘 구성도.

그림 1은 보간을 이용한 OFDM수신기의 심볼 시간 동기 블록 다이어그램으로 도시하였다.

III. 성능 분석 결과

본 논문에서 제안한 심볼 동기 기법의 성능 평가를 위해 모의실험을 수행하였다. 모의 실험은 잡음이 없는 환경과 있는 환경을 구분하여 모의 실험을 하였으며, 잡음이 없는 환경에서의 파일럿 개수에 따른 추적성능 분석을 위한 환경으로는 1차의 PLL(Phased Locked Loop)을 사용하였으며, 1차 LPF gain은 8.5e-2, sampling timing offset은 선행 32 sample offset으로 하여 SNR를 10, 20, 30[dB]의 각각의 특성을 분석하였다. 또한 파일럿 부반송파의 위상 회전량을 추정하기 위하여 사용된 부반송파의 개수에 따른 추적성능을 살펴보기 위하여 일단 잡음이 없는 환경에서 파일럿 부반

송파를 4개 사용할 때의 추적성능을 그림2에 나타내었다. 그림3은 LPF의 이득에 따른 파일럿 부반송파의 개수에 따른 추적성능을 비교하기 위해 시뮬레이션 환경으로는 1차 LPF gain과 1.2e-1, 1.2e-2, 3.5e-2, 8.5e-2, 그리고 SNR은 20[dB]로 고정 하였으며, sampling timing offset를 선행 32 sample offset으로 하였다.

그림3과 같이 1차 LPF의 이득에 따라 초기 포착속도와 지터량에 대한 결과를 통하여 초기 포착 속도를 높이면서 1샘플 이하의 오프셋이 발생하는 이득 8.5 e-2 를 1차 PLL의 LPF 이득으로 결정하여 파일럿 부반송파의 사용개수에 따른 포착속도를 살펴보았고 파일럿 부반송파의 개수와 SNR 환경에 따라 추적 성능을 그림 4에 나타내었다.

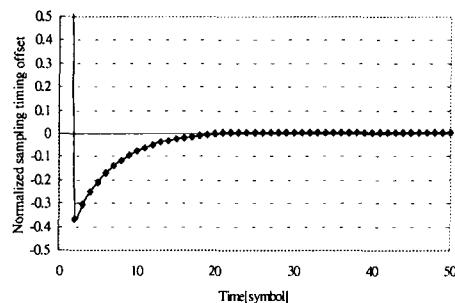


그림 2. 잡음이 없는 환경에서의 파일럿 갯수에 따른 추적 성능(4개일 경우).

파일럿 부반송파의 개수에 따라서 추적속도와 정상상태에서의 지터량도 줄어드는 것을 볼 수 있다.

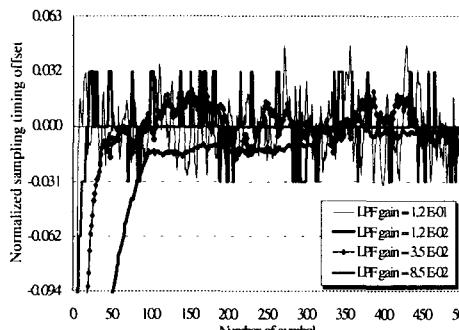


그림 3. LPF 이득에 따른 추적 성능 비교

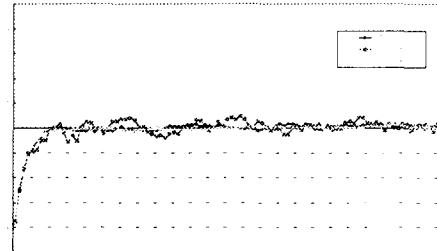


그림 4. SNR 환경에 따른 추적성능곡선(파일럿 부반송파 4개).

그림 5에서 확인 할 수 있듯이 기존의 MC 알고리즘과 MMSE 알고리즘의 경우 심볼간 간섭에 의해 추가되는 잡음이 신호 자체에 의해 신호대 잡음비의 개선과는 무관하다는 것이다.

최종적으로 성능 분석을 종합하기 위해 채널 모델 P1 환경에서 64-QAM 변조 방식을 적용했을 때 E_b/N_0 가 0dB에서 40dB까지 3dB 간격으로 모의 전산 실험을 하여 E_s/N_0 에 대한 심볼 오율(Symbol Error Rate; SER)을 관찰하였다.

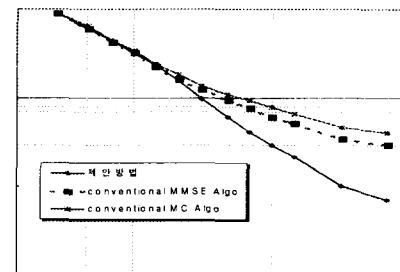


그림 5. 각 알고리즘에 대한 신호대 잡음비에 따른 심볼의 추정MSE.

그림 6에서 보는 바와 같이 완전한 채널 추정을 가정하였을 경우 제안하는 심볼 시간 동기 알고리즘은 주어진 채널에 대한 이론적인 심볼 오율을 만족하였으며 파일럿 비율이 1/3인 경우에 대해 선형 보간 기법을 적용한 채널 추정을 사용하였을 경우 기존의 MC 또는 MMSE 심볼 시간 동기 알고리즘에 비해 높은 신호 대 잡음비 영역에서 우수한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

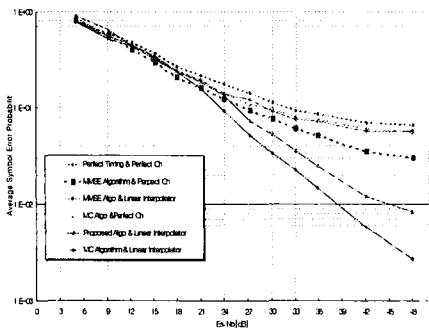


그림 6. 파일럿 비율이 1/3일 때 선형 보간 기법을 적용한 심볼 오율특성.

IV. 결 론

디지털 수신기의 심볼 시간 동기에 대해 성능 분석 하였다. 먼저 파일럿 부반송파의 위상 회전량을 추정하기 위하여 사용된 부반송파의 개수에 따른 추적성능을 살펴보기 위해 잡음이 없는 환경에서 파일럿 부반송파를 4개 사용할 때의 추적 성능을 분석한 결과 파일럿 부반송파의 개수에 따라서 추적속도가 향상되며, 지터량도 줄어드는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 심볼 시간 동기 알고리즘은 심볼간 간섭에 의해 추가되는 잡음을 최대한 억제하여 채널 추정을 위해 높은 신뢰도가 요구되는 수신 파일럿 심볼의 성능을 개선 할 수 있음을 확인하였다.

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] 하창우 외2명, "디지털 위성방송 수신용 복조기를 위한 반송파 복원 회로설계", 한국통신학회논문지, Vol.26, No.11B, 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.