

# OFDM 기반 무선랜 시스템을 위한 효율적인 시간 동기 기법

\*조미숙, 김재석

연세대학교 전기전자공학과, 정보통신용 SoC 연구실  
e-mail : misuk\_cho@yonsei.ac.kr, jaekim@yonsei.ac.kr

## Efficient Time Synchronization Scheme for OFDM based WLAN System

\*Mi-Suk Cho, Jae-Seok Kim

Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei University

### Abstract

In this paper, efficient time synchronization scheme for OFDM based WLAN system and its performance simulation results are presented. Assuming AGC and packet detection is done within 7 short training symbols. This scheme consists of coarse and fine estimation, and exhibits robustness over fading and AWGN channel. The presented synchronization scheme achieves the success rate of about 96% over the SNR of 5 dB.

### I. 서론

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템은 상호 직교하는 다중 반송파를 통해 고속의 데이터를 저속의 데이터로 분할하여 병렬 전송하는 방식으로, 변복조되는 부반송파들 간의 상호 직교성이 유지되어야 하기 때문에 단일 반송파 시스템에 비해서 시간 동기에 매우 민감한 단점을 갖는다.

OFDM 무선랜 시스템의 시간 동기는 패킷 유무를 판별하는 신호 검출 부분과 FFT로 입력되는 OFDM 심볼의 정확한 시작점을 찾기 위해 STS와 LTS의 경계점을 검출하는 심볼 동기화 부분으로 나눌 수 있는데, 패킷 기반의 무선랜 시스템은 프리앰블에서 반복되는 STS(Short Training Symbol)의 자기 상관 값을 이용하여 LTS(Long Training Symbol)의 시작점을 찾는다. 그러나 AGC가 수행되기 전의 프리앰블의 STS는 ADC의 양자화 오류와 수신 전력의 기복이 심하여 자기 상관 특성이 줄어들기 때문에 이 값을 이용하면 정확한 프리앰블의 시작점을 찾기가 어렵고, 프리앰블의 임의 시점에서 신호 검출과 AGC가 완료되는 현상이 발생한다. 이와 같은 AGC의 영향을 고려한 OFDM 기반의 IEEE 802.11a 무선랜 시스템을 위한 시간 동기 기법이 제안되었으나[1], 신호 검출과 AGC 완료 시점에 따른 동기 성능이 저하되는 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고 시간 동기 성능을 향상시킨 시간 동기 알고리즘을 제안한다.

### II. 본론

OFDM 시스템에서 시간 동기 오차는 실제 OFDM 심볼의 정확한 샘플 위치와 수신단에서 시간 동기 추정 후 FFT처리를 위한 윈도우 시작 위치의 차이를 말한다. 그림 1은 시간 동기 오차가 존재할 경우 FFT 윈도우의 위치를 나타낸다.

❖ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원 대학 IT연구센터 육성·지원사업 및 2006년도 교육인적자원부 BK21 사업의 일환인 연세대학교 전기전자공학부 TMS 사업단의 지원을 받아 연구되었고, CAD Tool은 IDEC으로부터 지원 받았음.

그림 1의 case1은 FFT 윈도우가 GI(Guard Interval)의 ISI-free 영역 안에 들어가기 때문에 ISI(Inter-Symbol Interference)를 피할 수 있지만, case2는 다음 심볼이 FFT 윈도우에 포함되어 ICI(Inter-Channel Interference)와 ISI가 발생한다.

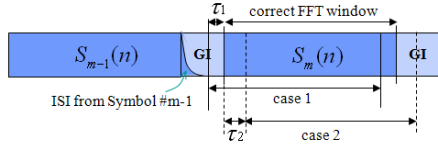


그림 1. 시간 동기 오차 존재시 FFT 윈도우 위치

기존의 알고리즘[1]은 신호 검출과 AGC가 완료된 시점에서 심볼 동기와 경계 구역 검출을 시작하기 때문에, AGC와 신호 검출이 완료되는 시점에 따라 임계치를 만족하는 경계 구역 값이 변하여 시간 동기 오차가 허용 범위인 ±4 샘플 이상이 되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 AGC와 신호 검출이 완료된 시점부터 한 심볼 구간 동안 심볼 동기를 수행하여 초기 시간 오프셋을 구하고, 이를 경계 구역 검출 과정에 반영하는 방식을 제안한다.

STS 심볼간의 시작점은 16 샘플 구간 동안 수신된 STS와 알고 있는 STS간의 상호 상관 최대값으로 식 (1)과 같이 구해진다. 상호 상관 값은 채널 노이즈의 영향을 최소화하기 위해 사용되는 STS 심볼수  $N$ 만큼 더해지는데,  $N$ 은 경계 구역 검출 과정에서 결정된다.

$$T_{offset} = \underset{n}{\operatorname{argmax}} \left( \sum_{m=0}^{N-1} \left| \sum_{k=0}^{N-1} x(n+16m+k) \cdot SS^*(k) \right| \right) \quad (1)$$

STS 심볼과 LTS 심볼간의 경계 검출은 신호 검출과 AGC가 완료된 시점으로부터 16 샘플 단위로 구역을 나누어 수신 심볼의 자기 상관 값이 임계치 이하로 떨어지는 지점의 구역을 구한다. 먼저, 반복 되는 STS 심볼의 상관 관계 특성을 이용하여 임계값과 비교하는데, 복잡도와 성능을 고려하여 MNC(Maximum Normalized Correlation)기법을 이용한다[2].

$$\hat{k} = \underset{k}{\operatorname{argmax}} \frac{4|S_k|^2}{(P_k + P_{k+D})^2} \quad (2)$$

식 (2)에서  $S_k$ 는 수신 신호의 correlation을 나타내고,  $P_k$ 는 수신 신호의 전력을 의미한다. 심볼 동기 부에서 1주기 STS 심볼을 이용하여 구해진 초기 시간 오프셋을 반영하여 식 (3)과 같이 경계 구역을 선정한다. 마지막으로 심볼 동기에서 구한 시간 오프셋과 경계 구역 검출에서 구한 구역 값을 이용하여 식 (4)와 같이 LTS의 GI 시작점을 구한다.

$$N_{reg} = \left\lfloor \frac{\max \{ \underset{k}{\operatorname{arg}} [k > Thr] \} - T_{first,offset}}{Lb} \right\rfloor \quad (3)$$

$$T_{GI,offs} = Lb \cdot N_{reg} + T_{Second,offs} \quad (4)$$

### III. 성능 평가 및 결과

표 1은 시간 동기 과정을 기존 방식과 비교하여 분석한 것이다.

표 1 기존기법과 제안된 기법을 사용한 예

	기존 기법 사용	제안 기법 사용
$N_{reg}$	floor(90/16)=5	floor((90-14)/16)=4
$T_{GI,offs}$	16 * 5 + 14 = 94	16 * 4 + 14 = 78
실제 시작 포인트	82	82
심볼 위치 차이	12	-4
시간 동기	실패	성공

기존 기법으로는 STS의 시작 위치에 따라 최종 결과 값에 오차가 발생하여 심볼 동기 오차의 허용범위를 크게 벗어나면서 동기에 실패하지만, 제안된 기법으로는 경계 구간을 오프셋 이후부터 경계 검출 점까지 설정하기 때문에 결과 값을 OFDM의 GI 안으로 들어오게 하여 동기에 성공하게 된다. 그림 2는 RMS(Root Mean Square)값이 50ns인 Rayleigh fading 환경에서 신호 검출과 AGC의 완료 시점에 따른 영향을 평가한 것으로써, 그 시점에 상관없이 우수한 성능을 보인다.

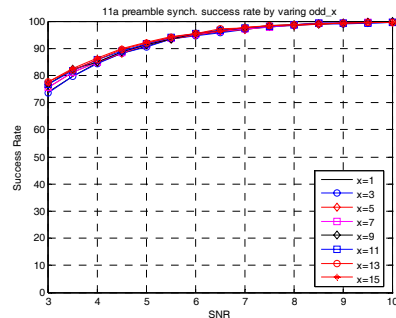


그림 2. 제안된 알고리즘의 성능

### 참고문헌

- [1]. Sekchin Chang and B.Kelley, "Time synchronisation for OFDM-based WLAN systems", ELECTRONICS LETTERS Vol.39 No.13, 2003. 6
- [2] S. Muller-Weinfurter, "On the Optimality of Metrics for Coarse Frame Synchronization: A Comparison", IEEE PIMRC, pp.533-537, 1998. 9.