

802.16e 기반 시스템을 위한 시간동기화 방법에 관한 연구

A Study of Timing Synchronization Technique for 802.16e based System

김현동* · 최상호§
Hyun-Dong Kim* · Sang-Ho Choe§

Abstract - In this paper, a preamble structure and a timing synchronization method for 802.16e based system are developed. The performances of the timing offset estimation in multipath fading channel is compared in terms of absolute mean. The simulation result shows that the proposed method has smaller mean.

Key Words : synchronization, preamble, wibro, sto, ofdm

1. 서 론

동기화는 다중경로 페이딩 채널의 영향과 송신단과 수신단 간의 오실레이터의 주파수 불일치 등 데이터를 주고받는 사이에 일어날 수 있는 시간, 주파수 오프셋을 처리하여 데이터의 왜곡을 방지하는 처리과정이다. 802.16e 시스템을 비롯한 OFDM기반 시스템은 시간, 주파수 오프셋에 민감하기 때문에 동기화 과정은 통신 시스템에서 필수 불가결한 처리과정이다.

본 논문에서는 802.16e 시스템에 적합한 시간 동기화 방안을 제안하고 기존의 Schmid의 시간 동기화 방법과의 성능을 비교하고 결론을 도출한다. 2장에서는 일반적인 OFDM 시스템 모델과 802.16e 시스템의 특징에 대해서 논하고 3장에서는 Schmid의 시간동기화 방법[1]과 802.16e의 프리엠블 구조[3]에 적합하도록 수정된 방법에 대해 논한다. 4장에서는 Schmid의 불확실성을 줄이기 위해 본 논문에서 제안한 방법을 논하며 5장에서는 두 가지 방식의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교하며 6장에서는 본 논문의 결론을 도출한다.

2. OFDM 시스템

2.1 OFDM 시스템 신호

식(1)은 시간 n 에서의 채널을 통과한 OFDM 신호를 나타내고 있다.

$$y[n] = \sum_{m=0}^{L-1} h[m]x[n-m] \quad (1)$$

여기서 $h[n]$ 은 채널의 임펄스 응답이며 $x[n-m]$ 은 송신단

에서 생성된 OFDM신호를 나타낸다. OFDM신호는 식(2)와 같다.

$$x[n] = \sum_{k=0}^{N-1} C_k e^{j2\pi kn/N} \quad (2)$$

여기서 N 은 FFT 길이를 나타내며 C_k 는 Mapping되어 Complex값을 가지는 심볼값으로 이 값들이 각 부반송파에 매핑된다. OFDM신호는 식 (3)과 같이 채널을 통과하면서 시간 지연과 위상변화와 영향을 받게 된다.

$$r[n] = y[n-n_e]e^{j(2\pi\theta_e n + \phi)} + u[n] \quad (3)$$

여기서 $r[n]$ 은 수신신호를 나타내며 n_e 는 시간지연을, θ_e 는 주파수 오프셋을, ϕ 는 초기위상을 나타내며, $w[n]$ 은 AWGN 잡음을 나타낸다.

2.2 802.16e 시스템의 프리엠블 구조

본 논문에서 사용할 802.16e의 기본 프리엠블 구조는 그림 1과 같이 시간영역에서 동일한 세 개의 데이터 군으로 이루어져 있다.

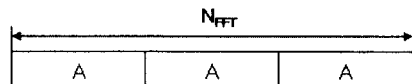


그림 1 802.16e 시스템의 프리엠블 구조

3. Schmid의 시간동기화 방법

3.1 Schmid의 동기화 방법

일반적으로 대부분의 OFDM시스템의 시간동기화 방법은 Correlation이다. 그렇기 때문에 시간동기화에 사용되는 프리엠블들은 좋은 Correlation특성을 가져야한다.[2] 그리고 프리엠블 신호 또한 OFDM신호이기 때문에 PAPR이 낮아야 한

저자 소개

* 學生會員 : 가톨릭大學 컴퓨터工學科 碩士課程

§ 正 會 員 : 가톨릭大學 情報通信電子工學部 助教授 · 工博

다.

Schmidl의 동기화 방법은 아래 식 (4), (5), (6)으로 표현될 수 있다. 일단 프리앰블의 구조는 시간영역에서 두 번 반복되는 신호라고 하면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$P_{Sch} = [A_{Sch} A_{Sch}] \quad (4)$$

위의 프리앰블 구조를 참조하여 아래 식 (5), (6), (7) 과 같이 수신신호의 Correlation을 구한다. [1][2]

$$M_{Sch}(d) = \frac{|P_1(d)|^2}{(R_1(d))^2} \quad (5)$$

$$P_1(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2) \quad (6)$$

$$R_1(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r(d+k+N/2)|^2 \quad (7)$$

위의 방법을 사용하면 Ncp만큼의 평평한 부분이 생겨 이 부분에서 심볼 시간 동기화를 정확하게 잡을 수 없어 아래 식과 같이 Ncp길이의 윈도우를 사용하여 이동평균을 구한다.

3.2 수정된 Schmidl의 동기화 방법

Schmidl의 방법은 프리앰블을 시간축에서 동일한 데이터가 두 번 반복되는 구조를 가정하여 가정한 구조에 적합한 방법을 사용하였다. 그러나 802.16e 시스템의 프리앰블 구조는 아래 식(8)과 같이 시간 축에서 세 번 반복되는 구조를 가졌기 때문에 Schmidl의 방법을 바로 적용할 수 없다. Schmidl의 방법을 사용하기 위해 위의 식 (5),(6),(7)을 수정하면 아래와 같다.

$$P_m = [A_m A_m A_m] \quad (8)$$

$$M_m(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2} \quad (9)$$

$$P_2(d) = \sum_{k=0}^{L-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+L/2) \quad (10)$$

$$R_2(d) = \sum_{k=0}^{L-1} |r(d+k+L/2)|^2 \quad (11)$$

여기서 L은 Correlation Length로 $2N_{FFT}/3$ 의 크기를 갖는다. 위의 Timing Metric $M_m(d)$ 를 Ncp만큼의 평평한 부분을 제거하기 위해 Ncp크기의 윈도우를 적용한 이동평균방법을 사용하면 Correlation의 최대점이 Ncp크기의 중간 지점에 위치하기 때문에 Ncp/2만큼 축을 이동시켜 시스템에 적용을 한다. 그림 2는 위의 방법을 적용한 결과이다.

4. 제안된 시간동기화 방법

4.1 제안된 프리앰블 모델

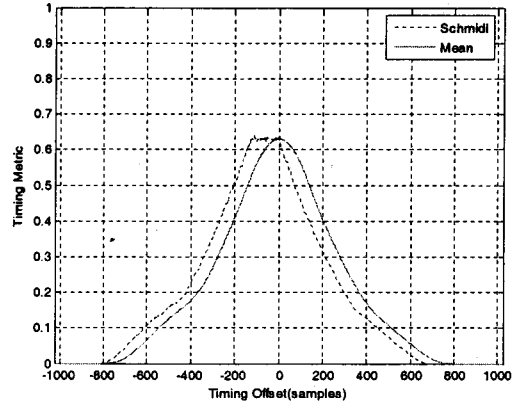


그림 2 Schmidl 방법을 적용한 Timing Metric과 Timing Metric에 이동평균 방법을 적용한 그래프

그림 2와 같이 이동평균 방법을 적용하면 Ncp의 평평한 부분을 제거할 수 있다.

Schmidl의 방법은 그림2에서 볼 수 있듯이 Timing Metric이 인접 Metric과 연속적으로 연결되어 있으며 인접 값과 차이가 작다. 다중경로 페이딩의 영향을 받게 되면 Metric의 왜곡이 생겨 최대값이 인접 값으로 변할 수 있을 가능성이 크다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 Ncp의 평평한 부분이 없으며 심볼의 시작점의 Metric과 인접 샘플의 Metric의 차이를 크게 하는 프리앰블 구조 및 Metric 획득방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 프리앰블의 구조는 식(12)와 같다.

$$P_{pro} = [B_{Pro}^* A_{Pro} B_{Pro}^*] \quad (12)$$

위의 프리앰블 구조에서 B_{Pro} 는 A_{Pro} 와 대칭적인 구조를 가진다. 위의 구조를 적용한 Timing Metric 획득방법은 다음과 같다.

$$M_{Pro}(d) = \frac{|P_3(d)|^2}{(R_3(d))^2} + \frac{|P_4(d)|^2}{(R_4(d))^2} \quad (13)$$

$$P_3(d) = \sum_{k=0}^{L/2-1} r(d-k+L/2-1) \cdot r(d+k+L/2) \quad (14)$$

$$R_3(d) = \sum_{k=0}^{L/2-1} |r(d+k+L/2)|^2 \quad (15)$$

$$P_4(d) = \sum_{k=0}^{L/2-1} r(d-k+L-1) \cdot r(d+k+L) \quad (16)$$

$$R_4(d) = \sum_{k=0}^{L/2-1} |\chi(d+k+L)|^2 \quad (17)$$

그림 3은 Schmidl의 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 획득한 Timing Metric을 보여준다.

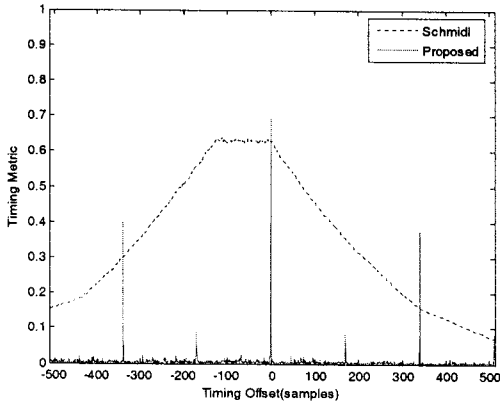


그림 3 Schmidl과 제안된 시간동기화 방법의 Timing Metric

5. 모의실험

5.1 모의실험 환경

Parameter	Value
대역폭	8.75MHz
샘플링 주파수	10MHz
샘플링 간격	100nsec
FFT크기	1024
사용된 부반송파 개수	850
유효 심볼시간	102.4μsed
CP 시간	12.8μsed
OFDMA 심볼시간	115.2μsed

표 3 모의실험 시스템 환경[3]

모의실험은 위 표2와 같은 시스템을 이용하여 수행했으며 사용되는 채널은 Ped_A[4]를 사용하였으며 속도는 3km로 설정하였다.

5.2 모의실험 결과

모의실험의 수행결과는 그림4와 같다. 0dB와 가까운 SNR에서의 평균값은 Schmidl방법과 본 논문에서 제안한 방법과의 차이가 적었으나 SNR이 증가할수록 차이가 벌어지다가 점점 SNR이 증가할수록 Schmidl방법과 제안된 방법의 시간 오프셋의 평균값이 0으로 근접해 가는 것을 알 수 있다.

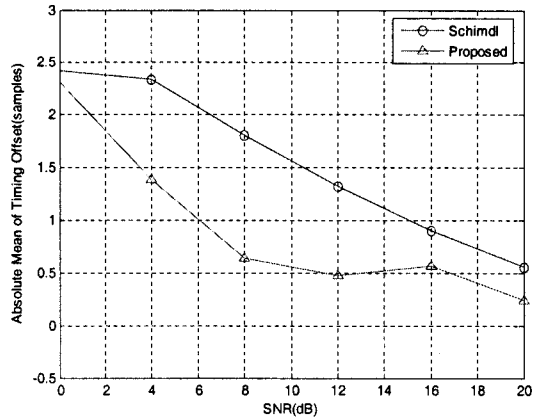


그림 4 Schmidl 방법과 제안된 방법의 성능비교

6. 결 론

본 논문에서는 802.16e의 일부분인 휴대인터넷의 프리앰블 데이터를 가지고 Schmidl의 시간동기화 방법을 프리앰블의 구조에 적합하도록 수정하고 그 성능을 시간 오프셋의 평균으로 측정하였다. 또한 새로운 프리앰블 구조와 그 프리앰블 구조에 적합한 동기화 방법을 제안하고 성능을 Schmidl의 동기화 방법과 비교하였다. 본 논문에서 제안한 방법이 낮은 SNR에서는 더 작은 시간 오프셋 평균값을 가졌으며 SNR이 증가할수록 두 방식 모두 오프셋이 0으로 접근하는 결과를 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Schmidl, T.M., Cox, D.C., "Robust Frequency and Timing Synchronization for OFDM", IEEE Trans. Communications, vol. 45 Issue 12, pp. 1613-1621, 1997, 12
- [2] Byungjoon Park, Hyunsoo Cheon, Changeon Kang, Daesik Hong, "A simple preamble for OFDM timing offset estimation", Vehicular Technology Conference, 2002. Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th Volume 2, 24-28 Sept. 2002 pp:729 - 732 vol.2
- [3] 한국 정보통신 기술협회, "휴대인터넷 표준 물리계층", 12, 2004
- [4] International Telecommunication Union, "Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000", ITU-R M.1225-97, 1997