

OFDMA/TDD 시스템을 위한 효율적인 동기 추정 및 셀 탐색 기법

준희원 김정주*, 노정호*, 종신회원 장경희*

An Efficient Synchronization and Cell Searching Method for OFDMA/TDD System

JungJu Kim*, JungHo Noh* Associate Member, KyungHi Chang* Lifelong Member

요약

본 논문에서는 직교 주파수 분할 다중 접속/시분할 다중화(OFDMA/TDD : OFDM-FDMA/Time Division Duplexing) 시스템에서의 프리앰블 모델을 분석하고, AWGN과 ITU-R M.1225 Ped-B 및 Veh-A 채널 환경에서 OFDMA/TDD 시스템에 적용된 심볼 타이밍 및 반송파 주파수 오프셋 추정과 셀 탐색 성능을 모의 실험을 통하여 그에 따른 성능을 Detection Probability, False Alarm, Missing Probability, Mean Acquisition Time 및 (MSE) Mean Square Error 로 확인한다. 특히, 심볼 타이밍 오프셋 추정에서는 향상된 성능을 가지는 프리앰블 구조 및 알고리즘을 제안한 후, 기존의 프리앰블 구조와 그에 따른 성능을 비교 분석한다.

Key Words : OFDMA/TDD, synchronization, cell searching, symbol timing, carrier frequency

ABSTRACT

In this paper, we analyze the preamble model in the OFDMA/TDD(OFDM-FDMA/Time Division Duplexing). Besides, under AWGN, ITU-R M.1225 Ped-B and Veh-A channel environments, we analyze capabilities of symbol timing & carrier frequency offset and performance of cell searching capabilities applied to OFDMA/TDD system through computer simulation. The performance using Detection Probability, False Alarm Probability, Missing Probability, Mean Acquisition Time and MSE(Mean Square Error) is analyzed. Especially, in the case of symbol timing offset estimation, the preamble structure and its algorithm with enhanced performance are proposed and then compared with existing ones.

I. 서론

최근 국내외적으로 4세대 이동통신에 대한 관심이 높아지면서, 4세대 이동통신 시스템의 요구 사항을 만족시키는 시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 특히, 직교 주파수 분할 다중화(OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식은 높은 전송 효율과 간단한 단일 탭 등화기로

채널의 왜곡을 보상하고, 심각한 인접 심볼간 간섭 (ISI : Inter Symbol Interference) 문제를 Cyclic Prefix(CP)를 사용하여 쉽게 해결할 수 있는 장점을 가지고 있으므로, 4세대 이동통신 시스템에 적용하기에 적절한 방식중의 하나로서 주목 받고 있다.

이러한 OFDM 시스템의 장점을 기반으로 하여, 다양한 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위한 다중 사용자 접속 방식인 직교 주파수 분할 다중

* 인하대학교 정보통신대학원 이동통신연구실 (khchang@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-04-170, 접수일자 : 2005년 4월 20일

※ 이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

접속(OFDMA : OFDM-FDMA) 시스템에 대한 연구가 진행 중에 있다. OFDMA는 각 사용자에게 서로 다른 서브 캐리어를 할당하는 다중 사용자 접속 방식으로서, 사용자의 요구에 맞추어 다양하게 자원을 할당함으로써 다양한 QoS를 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 주파수 선택적 페이딩 현상과 협대역 간섭에 강한 특성으로 인해 차세대 광대역 무선 다중 접속 방식 중 하나로 제안되고 있다. OFDMA 방식은 IEEE 802.16a 표준의 물리계층이며, 한국에서 연구되고 있는 초고속 휴대인터넷과의 연계가 활발히 진행 되고 있는 상태이다. 다중화 방식으로는 하향 링크 및 상향 링크의 주파수를 같이 쓰면서 시간으로 구분하는 시 분할 다중화(TDD : Time Division Duplexing) 방식에 대한 연구가 이루어지고 있다. 시 분할 다중화 방식은 한 프레임을 구성하는 하향 링크 및 상향 링크의 슬롯 수를 조절함으로써 비대칭적인 데이터 전송률을 가지는 서비스를 지원할 수 있으며, 채널의 Reciprocity 특성에 의하여 하향 링크 및 상향 링크의 채널 추정을 각각 별도로 할 필요가 없다는 장점을 가지고 있다.

하지만, 이러한 OFDMA 시스템의 장점은 직교 주파수 분할 접속 방식(OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 과 마찬가지로 부반송파간의 직교성이 유지되는 경우에만 가능하며, 직교성이 깨지는 경우에는 인접 채널 간 간섭(ICI : Inter Carrier Interference)이 발생되어 시스템 성능을 저하시키게 된다. 따라서, OFDMA 시스템에서는 수신단에서의 시간 및 주파수 동기화의 중요성이 크게 강조된다.

본 논문에서는 OFDMA/TDD 시스템 하향 링크에서의 프리앰블 모델을 분석하고, 동기 추정 및 셀 탐색에 적합한 알고리즘을 제안 후, 적용하여, 그에 따르는 성능을 시뮬레이션 한 후 분석하였다. 특히, 심볼 타이밍 오프셋 추정에서는 시간 영역에서 2번, 3번, 그리고 4번 반복되는 프리앰블 구조를 비교한 다음 향상된 심볼 타이밍 오프셋 성능을 나타내는 프리앰블 구조를 제안하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II 장에서는 OFDMA/TDD 시스템 하향 링크 프리앰블 모델을 설명한다. III 장, IV 장 그리고 V 장에서는 심볼 타이밍, 반송파 주파수 오프셋 그리고 셀 탐색에 적합한 알고리즘을 적용 및 제안하고, 모의 실험을 통해 성능을 확인하며, 마지막으로 VI 장에서는 본 논문의 결론을 도출한다.

II. OFDMA/TDD 시스템 프리앰블 모델

OFDMA/TDD 시스템의 하향 링크 프리앰블 모델은 IEEE 802.16 WMAN(Wireless Metropolitan Area Network) 과 현재 한국에서 활발히 진행 되고 있는 휴대인터넷의 프리앰블 모델을 참조하였다^[1-3]. 이 프리앰블은 초기 동기, 주파수 오프셋, 셀 탐색에 사용되고, IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 통과 이후 시간 영역에서 패턴이 3번 반복되는 구조를 가진다. 그림 1은 시간 영역에서의 하향 링크 프리앰블 구조를 나타낸다. N은 FFT 크기를 나타낸다.

표 1. OFDMA/TDD 시스템 파라미터.

파라미터	값
대역폭(Nominal Channel BW)	8.75 MHz
샘플링 주파수	10 MHz
샘플링 간격	100 nsec
FFT 크기	1024
사용된 부반송파 개수	864
데이터 부반송파 개수	768
파일럿 부반송파 개수	96
부반송파 주파수 간격	9.765625 KHz
유효 심볼 시간	102.4 μ s
CP (Cyclic Prefix) 시간	12.8 μ s
OFDMA 심볼 시간	115.2 μ s
TDD 프레임 길이	5 ms

본 논문에서의 모의 실험은 표 1과 같은 파라미터를 적용하였고, 채널 모델은 AWGN, ITU-R M.1225 Ped-B 그리고 Veh-A를 사용하여 시뮬레이션 하였다.

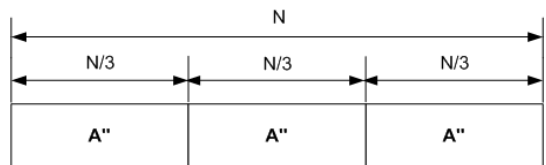


그림 1. 시간 영역에서 3번 반복되는 프리앰블 구조 (Preamble).

III. 심볼 타이밍 오프셋 추정 기법

OFDMA/TDD 시스템에서 심볼 타이밍 오프셋 추정은 시간 영역에서 3번 반복되는 특성을 가진 프리앰블을 이용하여 자기 상관을 통하여 정확한 심볼 타이밍을 찾아내는 적합한 알고리즘을 제안 후 적용하였다. 그리고, 시간 영역에서 2번, 4번 반복되는 프리앰블모델과 그 성능을 비교하며, 심볼

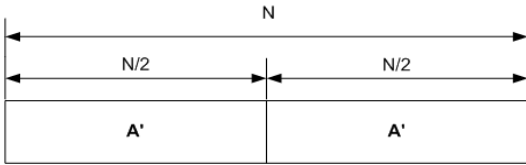


그림 2. 시간 영역에서 2번 반복되는 프리앰블 구조 (Preamble₂).

타이밍 추정 성능에 있어 향상된 성능을 나타내는 프리앰블 구조 및 알고리즘을 제안하였다^{4,6)}.

그림 2는 [4]에서 제안된 프리앰블 구조로 시간 영역에서 2번 반복되는 구조를 나타낸다. 아래의 수식은 그림 2에 나타난 프리앰블 구조를 이용한 알고리즘의 Timing Metric을 나타낸다.

$$M_2(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2} \quad (1)$$

여기서,

$$P_2(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r_2^*(d+k) \cdot r_2(d+k+N/2) \quad (2)$$

$$R_2(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r_2(d+k+N/2)|^2 \quad (3)$$

이고, r_2 은 수신된 프리앰블 신호이며, r_2^* 은 r_2 의 Conjugate된 프리앰블 신호, d 는 심볼 타이밍 오프셋, 그리고 N 은 FFT 크기를 나타낸다.

그림 2에 표현된 Preamble₂를 이용하는 알고리즘은 반복되는 두 개의 A'을 자기 상관을 통해 최대값의 90%에 해당하는 지점을 찾아서 그 위치의 평균으로 심볼 타이밍 오프셋을 추정하는 방법으로, 이 알고리즘을 적용하면 그림 5에서 볼 수 있듯이 보호구간 내에서 Flat 한 특성을 가지기 때문에 정확한 심볼 타이밍을 찾는 것이 어렵게 된다.

그림 1과 그림 3에서 표현된 시간 영역에서 3번 반복되는 Preamble₃과 4번 반복되는 Preamble₄를 이용한 알고리즘의 Timing Metric은 시간 영역에서 2번 반복되는 Preamble₂와 유사하게 나타낼 수 있다. 아래의 수식은 각각 Preamble₃과 Preamble₄를 이용한 알고리즘의 Timing Metric을 나타낸다.

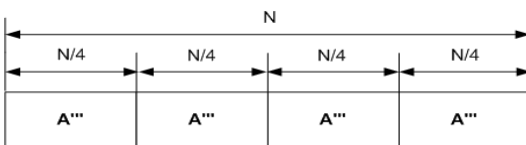


그림 3. 시간 영역에서 4번 반복되는 프리앰블 구조 (Preamble₄).

$$M_3(d) = \frac{|P_3(d)|^2}{(R_3(d))^2} \quad (4)$$

여기서,

$$P_3(d) = \sum_{k=0}^{2 \times \lceil N/3 \rceil - 1} [r_3^*(d+k) \cdot r_3(d+k + \lceil N/3 \rceil)] \quad (5)$$

$$R_3(d) = \sum_{k=0}^{2 \times \lceil N/3 \rceil - 1} |r_3(d+k)|^2 \quad (6)$$

이고, r_3 은 수신된 프리앰블 신호이며, r_3^* 은 r_3 의 Conjugate된 프리앰블 신호, d 는 심볼 타이밍 오프셋, 그리고 N 은 FFT 크기를 나타낸다.

$$M_4(d) = \frac{|P_4(d)|^2}{(R_4(d))^2} \quad (7)$$

여기서,

$$P_4(d) = \sum_{k=0}^{3 \times N/4 - 1} [r_4^*(d+k) \cdot r_4(d+k + 3 \times N/4)] \quad (8)$$

$$R_4(d) = \sum_{k=0}^{3 \times N/4 - 1} |r_4(d+k)|^2 \quad (9)$$

이고, r_4 은 수신된 프리앰블 신호이며, r_4^* 은 r_4 의 Conjugate된 프리앰블 신호, d 는 심볼 타이밍 오프셋, 그리고 N 은 FFT 크기를 나타낸다.

Preamble₃와 Preamble₄를 이용하는 알고리즘은 [4]에서 제안된 Preamble₂를 이용한 알고리즘과 마찬가지로 그림 3에서 볼 수 있듯이 보호구간 내에서 Flat 한 특성을 가지기 때문에 정확한 심볼 타이밍을 찾는 것이 어렵게 된다.

그림 4는 본 논문에서 제안한 심볼 타이밍 오프셋 추정 성능에 있어 향상된 성능을 보이는 프리앰블 구조를 나타낸다.

그림 4에서 B는 A의 대칭을 나타내며, B*는 B의 Conjugate를 나타낸다. 아래의 수식은 제안된 프

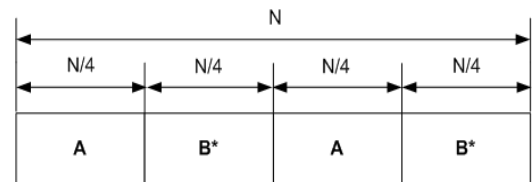


그림 4. 시간 영역에서의 제안된 프리앰블 구조 (Preamble_p).

리앰블 구조인 Preamble_p를 이용한 알고리즘의 Timing Metric을 나타낸다.

$$M_p(d) = \frac{|P_p(d)|^2}{(R_p(d))^2} \quad (10)$$

여기서,

$$P_p(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} [r_p(d-k+N/2) \cdot r_p(d+k+N/2)] \quad (11)$$

$$R_p(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r_p(d+k+N/2)|^2 \quad (12)$$

이고, r_p 은 수신된 프리앰블 신호이며, d 는 심볼 타이밍 오프셋, 그리고 N 은 FFT 크기를 나타낸다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 Preamble_p를 이용한 알고리즘은 Preamble₂, Preamble₃, 그리고 Preamble₄를 이용한 알고리즘의 보호구간 내에서 Flat 한 특성을 없애주고, 정확한 심볼 타이밍 위치에서 가장 높은 Peak를 생성시키며, 나머지 부분에선 0에 가까운 값을 유지한다.

그림 6과 7은 ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h 와 Veh-A 60 km/h 채널 환경 하에서 Preamble_p 와 Preamble₃ 구조를 이용한 알고리즘을 적용한 후, 임계값 50%일때의 성능을 Detection Probability (P_d), False Alarm Probability(P_f), 그리고 Missing Probability(P_m)로 표현한 것이다. Preamble₂와 Preamble₄를 이용한 알고리즘은 Preamble₃을 이용한 알고리즘과 유사한 성능을 나타내기 때문에 이에 대한 그

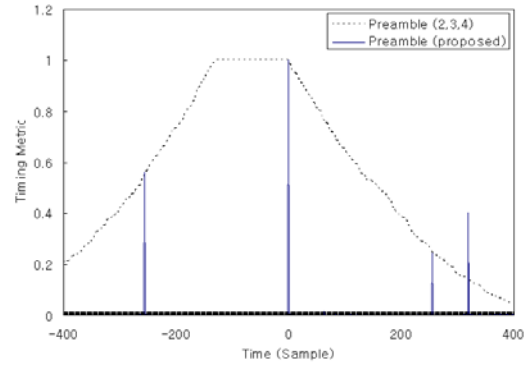


그림 5. Preamble_p, Preamble₂, Preamble₃, and Preamble₄의 Timing Metric 비교.

래프는 생략하였다. 그림 6에서는 SNR -5 dB에서 제안된 Preamble_p를 이용한 알고리즘은 각각 약 60%, 2%, 그리고 37%의 Detection Probability(P_d), False Alarm Probability(P_f), 그리고 Missing Probability(P_m)를 가지는 반면, Preamble₃ 구조를 이용한 알고리즘은 각각 약 45%, 28%, 그리고 25%의 Detection Probability (P_d), False Alarm Probability (P_f), 그리고 Missing Probability (P_m)를 가짐을 표현하고 있다. 그리고, 그림 7에서는 SNR -5 dB에서 제안된 Preamble_p를 이용한 알고리즘은 각각 약 52%, 6%, 그리고 42%의 Detection Probability(P_d), False Alarm Probability (P_f), 그리고 Missing Probability (P_m)를 가지는 반면, Preamble₃ 구조를 이용한 알고리즘은 각각 약 40%, 41%, 그리고 26%의 Detection Probability (P_d), False Alarm Probability (P_f), 그리고 Missing Probability (P_m)를 가짐을 표현하고 있다.

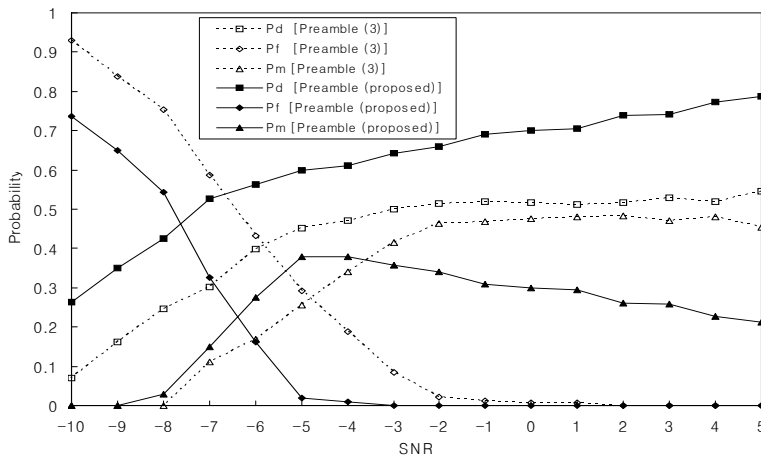


그림 6. Preamble_p 및 Preamble₃ 알고리즘 비교 (ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h, 임계값 50%).

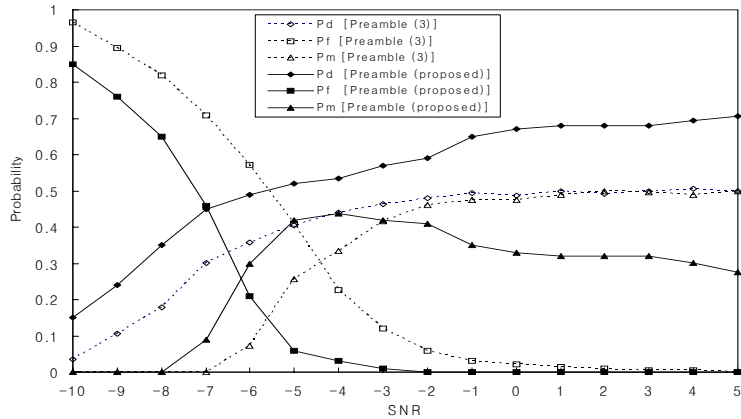


그림 7. Preamble_p 및 Preamble₃ 알고리즘 비교 (ITU-R M.1225 Veh-A 60 km/h, 임계값 50%).

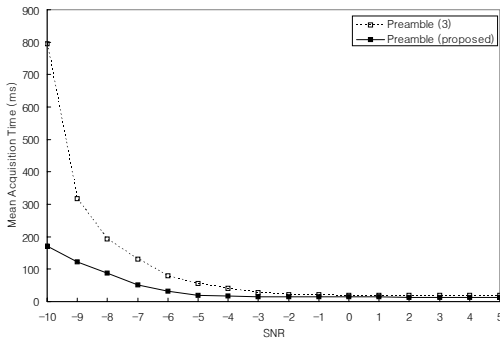


그림 8. Preamble_p 및 Preamble₃ 알고리즘의 Mean Acquisition Time 비교 (임계값 50%).

그림 6과 7에서 나타나듯이 제안된 Preamble_p 를 이용한 알고리즘 적용 시, Preamble₃ 구조를 이용한 알고리즘을 적용할 때 보다 향상된 성능을 나타낼 수 있다.

그림 8은 그림 6의 결과를 토대로 획득 시간 (Acquisition Time)을 10 ms, False Alarm 에 대한 Penalty Time은 50 ms 으로 가정한 후, 평균 획득 시간 (Mean Acquisition Time)을 구한 것이다. 그림 8은 본 논문에서 제안된 Preamble_p 를 이용한 알고리즘의 경우 약 -2 dB 보다 큰 SNR 값에서 3 프레임 내에서 타이밍 동기가 획득 시간을 가지는 반면, Preamble₃ 구조를 이용한 알고리즘의 경우 약 2 dB 보다 큰 SNR 값에서 3 프레임 내에서 동기가 획득되는 것을 표현한다.

그림 6, 7, 그리고 8의 결과로부터 본 논문에서 제안된 Preamble_p를 이용한 알고리즘 방식이 Preamble₂, Preamble₃, 그리고 Preamble₄의 구조를 사용하는 OFDMA/TDD 시스템에서 보다 향상된 타이밍 동

기 오프셋 추정 성능을 나타냄을 확인하였다.

IV. 반송파 주파수 오프셋 추정 기법

주파수 오차를 보상하기 위한 일반적인 OFDM 시스템에서의 주파수 동기는 대략적 추정(Coarse CFO Estimation : Coarse Carrier Frequency Offset Estimation) 단계와 미세 추정(Fine CFO Estimation : Fine Carrier Frequency Offset Estimation) 단계를 거치게 된다. 첫 번째 단계는 부반송파 간격의 정수 배로 나타난 오차를 보정하는 과정이며, 두 번째 단계는 부반송파 간격보다 작은 범위에서 보다 정확한 추정을 하는 과정이다.

표 1의 OFDMA/TDD 시스템 프리앰블 모델의 경우, 부반송파 주파수 간격이 9.765625 KHz 이고 기준 주파수 오차의 허용치가 부반송파 주파수 간격의 2% 이내로 제한되어 있기 때문에, 나타날 수 있는 정규화된 최대 주파수 오프셋은 0.02가 된다. 따라서, 부반송파 간격의 정수 배로 나타나는 오차는 없다고 할 수 있다. 이러한 이유로 대략적 추정 단계를 수행하지 않고 미세 추정 단계만으로 주파수 오프셋 추정을 할 수 있다.

주파수 오프셋 추정은 심볼 타이밍 추정과 마찬가지로 시간 영역에서 반복되는 프리앰블 구조를 이용한 자기 상관을 통해 추정할 수 있다. 수식 (13)은 Preamble₂ 를 이용하여 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 과정을 나타낸다 [7].

$$\hat{\epsilon} = \frac{1}{2\pi} \cdot \arg \left\{ \sum_{i=1}^{N/2} r^*(i) \cdot r(i + N/2) \right\} \quad (13)$$

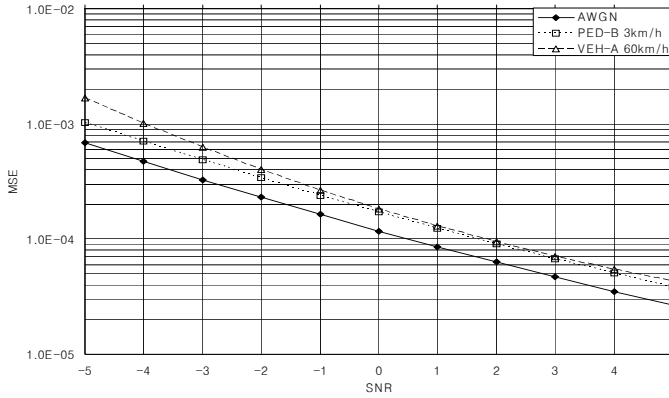


그림 9. 반송파 주파수 오프셋 추정 성능.

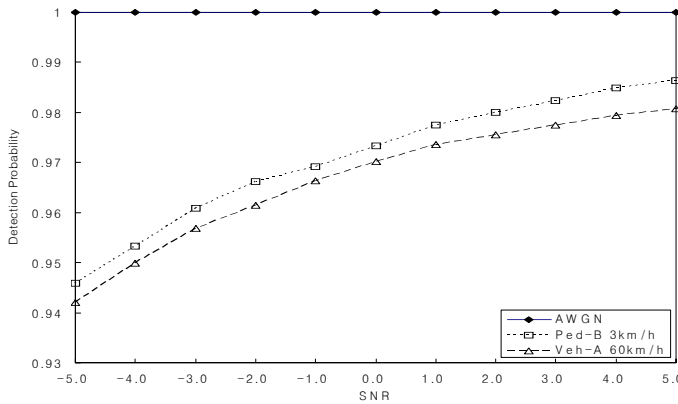


그림 10. 섹터 ID 및 셀 ID 탐색 성능.

여기서, $\hat{\epsilon}$ 은 주파수 오프셋, r 은 수신된 프리앰블 신호이며, r^* 는 r 의 Conjugate 된 프리앰블 신호이다.

Preamble₃, Preamble₄ 그리고 제안된 Preamble_p 구조를 이용한 반송파 오프셋 추정은 Preamble₂ 를 이용한 주파수 오프셋 추정 성능과 유사하므로 생략하였다.

그림 9는 반송파 주파수 오프셋 추정 성능을 완벽히 심볼 타이밍의 가정 하에 AWGN, ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h, 그리고 Veh-A 60 km/h 채널 환경에서 정규화된 주파수 오프셋 0.01 인 경우의 MSE (Mean Square Error)를 나타낸다. 이와 같은 채널 환경에서 주파수 오프셋 추정은 SNR 2 dB 이상에서 10^{-4} 이하의 MSE 성능을 보인다. 이는 제안된 Preamble_p 구조의 반송파 주파수 오프셋 추정 성능이 기존의 프리앰블 구조를 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정과 거의 유사한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

V. 셀 ID 및 섹터 ID 탐색 기법

시뮬레이션에 적용된 OFDMA/TDD 시스템에서의 프리앰블 모델은 3개의 섹터로 구분되어 있으며, 섹터 마다 서로 다른 주파수에 서로 다른 Code를 전송한다. 셀 ID 탐색 및 섹터 ID 탐색은 심볼 타이밍 오프셋 및 반송파 주파수 오프셋 추정이 완료된 후에 수행된다 [8].

섹터 ID 탐색은 FFT (Fast Fourier Transform) 통과 이후 식 (14)를 이용한 부분송파별 전력값을 통하여 섹터 ID를 찾는다. 그 후 식 (15)를 이용하여 식 (14)를 통하여 얻은 섹터 ID 값에 해당하는 모든 프리앰블에 대한 Cross-correlation 을 통해 추정된다.

$$ID_s = \arg \max \left\{ \sum_{k=0}^{\lceil N/3 \rceil - 1} |R(3k+i)|^2 \right\} \quad (14)$$

$$ID_{cell} = \arg \max \left\{ \left| \sum_{k=0}^{\lceil N/3 \rceil - 1} P_c^*(3k+ID_s) \cdot R(3k+ID_s) \right| \right\} \quad (15)$$

여기서, i 는 섹터 번호, c 는 셀 ID, s 는 섹터 ID, P_c^* 는 Conjugate 된 식 (19)에 의해 정해진 섹터 ID에 해당되는 프리앰블 신호이며, R 은 FFT를 통과한 후의 수신된 프리앰블 신호를 나타낸다.

그림 10은 단일 셀 환경에서 완벽한 심볼 타이밍 오프셋 및 반송파 주파수 오프셋 추정 성능을 가정하고, 인접 셀 간섭은 AWGN 으로 모델링 한 다음, AWGN, ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h, 그리고 Veh-A 60 km/h 채널 환경에서의 Detection Probability로 셀 및 섹터 ID 탐색 성능을 나타낸다. AWGN 채널 환경하에서는 SNR -5 dB 이상부터는 100%, 그리고 ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h 및 Veh-A 60 km/h 채널 환경하에서는 SNR 1 dB 이상부터는 약 97% 이상의 Detection Probability를 갖는 성능을 보여준다.

그림 11은 2개의 인접 셀을 고려하는 경우의 시뮬레이션 모델을 표현한다. 첫째, 각 기지국의 전송 전력은 동일하다고 가정하였고, 셀 간격은 2 km 그리고, 이동국은 Cell A와 Cell B를 잇는 직선 위에 있다고 가정하였다. 두 번째로, 완벽한 심볼 타이밍 및 반송파 주파수 오프셋 동기화를 가정하였다. AWGN은 고려하지 않고, 기지국과 이동국 간의 거리로 인한 경로 손실 (Path Loss) 만 고려하였다. 세 번째로, 기지국과 이동국 간의 거리로 인한 경로 손실 모델은 COST-231에서 제안된 Hata Model을 사용, 기지국의 높이는 40m, 이동국의 높이는 1.5m를 적용하여 ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h 와 Veh-A 60 km/h 채널 환경에서 시뮬레이션을 수행 하였다.

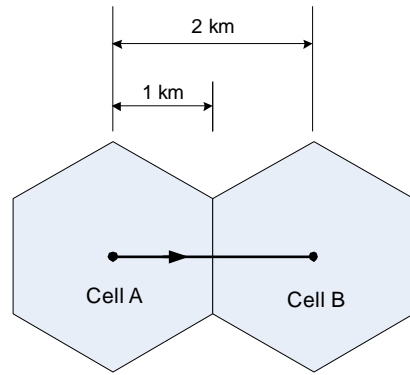


그림 11. 2-Cell 고려 시, 시뮬레이션 모델.

이는 채널 환경이 안 좋을수록 셀 ID 및 섹터 ID 탐색 성능이 저하됨을 나타낸다. 두 채널 모두 셀 경계 지점에서 Cell A를 탐색할 성능은 각각 약 50%, 약 45% 이상, 그리고 600 m 지점까지는 두 채널 모두 약 99% 이상의 셀 탐색 성능을 가지는 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 OFDMA/TDD 시스템에서의 프리앰블 모델을 분석한 다음, 심볼 타이밍, 반송파 주파수 오프셋, 셀 ID 및 섹터 ID 탐색에 적합한 알고리즘을 적용하고, ITU-R M.1225 Ped-B 및 Veh-A 채널 환경에서, 그에 따르는 성능을 분석하였다.

특히, 심볼 타이밍 오프셋 추정에서는 프리앰블 모델을 상세히 분석하고, 최적의 성능을 나타내는

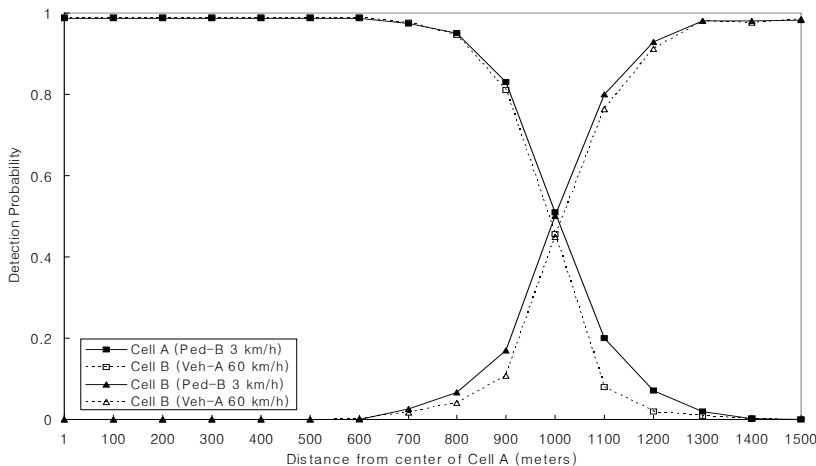


그림 12. 거리에 따른 셀 ID 및 섹터 ID 탐색 성능.

적합한 알고리즘을 제안한 후, 그에 따른 기존의 프리앰블 모델을 이용한 심볼 타이밍 오프셋 추정 성능과 비교 분석하였다. 본 논문에서 제안하고, 적용한 동기 추정 및 셀 탐색 알고리즘은 OFDMA/TDD 시스템에 적합하며, 심볼 타이밍 오프셋 및 반송파 주파수 오프셋 추정, 그리고 셀 ID 및 섹터 ID 탐색 성능에서 효율적이며 향상된 성능을 보인다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE P802.16-REVd/D4, "Part 16 : air interface for fixed broadband wireless access systems", Mar. 2004.
- [2] IEEE P802.16-REVe/D4, "Part 16 : air interface for fixed broadband wireless access systems, amendment for physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licenced band", Aug. 2004.
- [3] Telecommunications Technology Association, Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service-Physical Layer, Jun. 2004.
- [4] T.M. Schmidl and D.C. Cox, "Robust frequency and timing synchronization for OFDM," IEEE Trans. Comm., vol. 45, pp. 1613-1621, Dec. 1997.
- [5] H.Minn, M.zeng, and V.K.Bharagava, "On timing offset estimation for OFDM systems," IEEE Communication Letters, vol. 4, pp. 242-244, Jul. 2000.
- [6] H.S. Park, H.S. Cheon, C.G. Kang and D.S. Hong, "A simple preamble for OFDM timing offset estimation," in Proc. of IEEE VTC-Fall, Sept. 2002, vol. 2, pp. 24-28.
- [7] P. Moose, "A technique for orthogonal frequency division multiplexing frequency offset correction," IEEE Trans. Comm., vol. 42, pp. 2908-2914, Oct. 1994.
- [8] K.S. Kim, K.H. Chang, S.W. Kim, and Y.S. Cho, "A preamble-based cell searching technique for OFDM cellular system," in Proc. of IEEE VTC-Fall, Oct. 2003, vol. 4, pp. 6-9.

김 정 주 (JungJu Kim)

준회원



2004년 2월 인하대학교 전자공학과 (공학사)
2004년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
<관심분야> 4세대 이동통신 시스템, Cognitive Radio, UWB 및 WiBro 시스템 무선 전송

규격

노 정 호 (JungHo Noh)

준회원



2004년 2월 인하대학교 전자공학과 (공학사)
2004년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
<관심분야> 4세대 이동통신 시스템, UWB 및 WiBro 시스템 무선 전송규격

장 경 희 (KyungHi Chang)

종신회원



1985년 2월 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 2월 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1992년 8월 Texas A & M Univ., EE Dept. (Ph.D.)
1989년~1990년 삼성종합기술원

주임연구원

1992년~2003년 한국전자통신연구원, 이동통신연구소, 무선전송방식연구팀장 (책임연구원)
2003년~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수
<관심분야> 4세대 이동통신 무선전송방식, WRAN 시스템 무선전송기술, Cognitive Radio, Cross-layer Design