

시간 오프셋 및 페이딩 환경에 강인한 CMMB 고속 주파수 동기 알고리즘

정회원 강은수*, 종신회원 한동석**

Fast Carrier Frequency Synchronization for CMMB Robust to Time Offset and Fading

Eun Su Kang* *Regular Member*, Dong Seog Han** *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 중국향 휴대이동방송인 CMMB(China multimedia mobile broadcasting)를 위한 소수배 주파수 동기와 정수배 주파수 오차 추정 알고리즘을 제안한다. 제안한 소수배 주파수 동기 알고리즘은 CMMB의 프레임 구조에 가장 적합하도록 전치부호를 활용하여 매 CMMB 심볼마다 추정이 가능하다. 또한 제안된 정수배 주파수 알고리즘은 CMMB 동기 신호를 이용하여 매 프레임마다 추정한다. 제안 알고리즘은 시간 오프셋이 존재할 때에도 소수배와 정수배 주파수 오프셋을 정확히 추정할 수 있으며 다중 경로 상황에서도 우수한 성능을 보인다.

Key Words : CMMB, OFDM, Synchronization

ABSTRACT

In this paper, the carrier frequency offset estimator is proposed for the China multimedia mobile broadcasting (CMMB). The fractional carrier frequency offset is estimated by utilizing the cyclic prefix in each CMMB symbol. In addition, the integer carrier frequency offset can be estimated with the synchronization signal in every CMMB frame. The proposed estimator is the most suitable for the frame structure of CMMB. It shows a prominent performance even in timing offset and multipath conditions.

I. Introduction

최근 방송과 통신이 그 영역을 서로 넘나들며 융합되고 있다. 특히 방송이 아날로그에서 디지털로 변함에 따라 여러 표준들이 최신의 디지털 통신기술을 수용하면서 새로운 방송표준들이 많이 제정되고 있다. 그 중 하나인 CMMB(China multimedia broadcasting)는 중국의 광전총국에 의해 2006년 10월 24일 이동 멀티미디어 표준으로 결정되어졌다^[1].

이는 동년 11월 1일부터 시행되어 모바일폰과 동영상 재생기 등 모바일 단말기로 통화와 라디오 및 TV 프로그램과 정보 서비스를 제공한다^[2]. CMMB는 전송기술, 동영상, 음성 신호 전송 등을 포함하고 있다.

CMMB는 전송방법으로 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)을 사용하며 전치부호(cyclic prefix, CP)를 두고 있다. 이를 통해 심볼 간의 간섭(ISI, inter symbol interference)을 줄이도록 하였으며 OFDM 연속 심볼의 일부 전치부호 구간을 중첩하여

* 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음 [10035618, 차세대 지상파 3D HDTV를 위한 효율 전송기술 개발].

* 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부(kesno1@ee.knu.ac.kr)

** 경북대학교 IT대학 전자공학부(dshan@ee.knu.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-12-652, 접수일자 : 2009년 12월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 6월 11일

주파수 대역의 부엽특성이 개선되도록 하였다. 또한 OFDM의 채용으로 등화기가 간단하며 페이딩 환경에서 강인한 장점을 가지고 있다. 그러나 OFDM은 부반송파의 주파수 간격이 조밀하여 작은 주파수 오프셋에도 부반송파의 직교성이 파괴되고 이것은 비트 오류를 증가시키는 중요한 요인이 된다. 그러므로 주파수 동기는 CMMB 수신기의 성능을 결정하게 되는 중요한 요소로서 먼저 해결되어야 한다³⁾.

일반적으로 OFDM 시스템에서 반송파 주파수 오프셋의 보상은 부반송파 간격이하의 소수배의 주파수 오프셋을 먼저 보상하여 부반송파간의 직교성을 유지시킨다. 그리고 부반송파 간격의 정수배에 해당하는 주파수 오프셋을 찾아 정확한 반송파 동기를 유지한다. 기존의 소수배 주파수 동기 알고리즘으로 전치부호 구간과 유효 데이터 구간의 위상변화량을 사용하는 Beek 알고리즘과 Daffara 알고리즘 등이 있고 연속 파일럿의 상관관계를 이용한 Moose 알고리즘 등이 있다⁴⁻⁶⁾. Beek 알고리즘과 Daffara 알고리즘은 보호 구간을 이용함으로써 심볼간의 간섭에 민감한 단점이 있다. 또한 Moose 알고리즘은 연속 파일럿을 이용함으로써 인해 잡음에 민감한 단점이 있다. 기존의 정수배 주파수 동기 알고리즘으로 Presetyo 알고리즘, Classen 알고리즘과 Nogami 알고리즘이 있다⁷⁻⁹⁾. 이들 정수배 알고리즘은 OFDM 심볼의 파일럿을 이용하여 정수배 주파수 오프셋을 추정한다. 이들과 달리 부반송파 양 가장자리 부근에 정보를 보내지 않는 구역인 보호 대역을 이용하는 Presetyo 알고리즘은 SNR(signal to noise ratio)에 민감하나 계산량이 파일럿을 이용한 알고리즘보다 상대적으로 적어 대략적인 주파수 위치만 파악이 가능하다. 그러므로 정확한 정수배 주파수 오프셋의 추정을 위해서는 OFDM 심볼 내에 보내지는 연속 파일럿 신호를 이용한 Classen 알고리즘과 Nogami 알고리즘 등을 사용하게 된다.

CMMB에는 연속 파일럿이 존재하나 그 값이 고

정되지 않아 심볼의 패턴을 예측할 수 없어 주파수 영역의 동기 추정에는 적합하지 않다. 그러므로 CMMB의 주파수 동기는 동기 신호를 이용하여 정수배 주파수 오프셋을 추정해야 하며 동기 심볼에 가장 적합한 알고리즘에 대한 연구가 필요 하다. 또한 정수배와 빠르게 연동될 수 있는 소수배 반송파 주파수 동기 알고리즘을 필요로 한다. 본 논문에서는 CMMB에 구조에 적합한 가장 빠른 주파수 오차 예측 알고리즘을 제안한다. 제안된 소수배 주파수 동기 알고리즘은 OFDM의 전치부호를 이용한 알고리즘으로서 대략적 시간 동기 이후 바로 수행될 수 있다. 또한 소수배 주파수 동기 이후 동기신호를 이용한 상관방법을 정수배 주파수 동기 알고리즘으로 제안한다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 OFDM 시스템의 프레임 구조에 대해서 알아보고, 3장에서는 상관방법을 이용한 대략적 주파수 추정 알고리즘과 소수배 추정 알고리즘을 제안 한다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. CMMB 시스템

CMMB 물리 계층은 최대 40개의 채널로 구성되어 있으며 한 개의 제어 논리 채널과 다수의 서비스 논리 채널로 나누어진다. 제어 논리 채널은 1/2 부호율을 가진 LDPC(low density parity check codes)로 부호화된 BPSK(binary phase shift keying) 성상을 방송시스템의 제어 정보로서 전송한다. 서비스 논리 채널은 성상과 부호율의 구성이 다양하게 되며 서비스를 하는 데이터를 전송한다.

제어 논리 채널은 타임 슬롯 0을 차지하며 나머지는 서비스 논리 채널들에 의해서 구성되게 된다. 물리계층의 블록도는 그림 1과 같다. 입력된 정보는 RS(Reed-Solomon)코드와 LDPC의 채널부호로 부

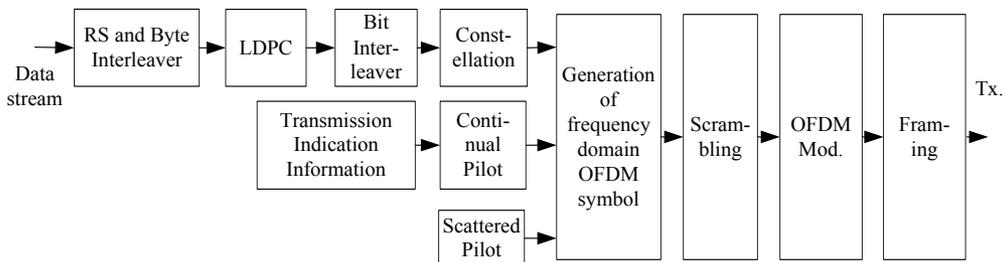


그림 1. CMMB 물리 계층 블록도

호화 된 후, BPSK, QPSK(quadrature phase shift keying), 16 QAM(quadrature amplitude modulation)의 성상으로 표현된다. 그림 2는 CMMB의 프레임 구조를 타임슬롯(TS) 기반으로 보여준다.

한 프레임은 1초 동안 40개의 TS로 구성되며 TS는 하나의 Beacon 심볼과 53개의 OFDM 심볼로 구성된다. Beacon 심볼은 송신 ID와 두 개의 동일한 동기 신호를 가지고 있다. 동기 신호는 주파수 영역에서 PN 시퀀스로 구성되며 OFDM의 심볼과 동일한 보호 대역을 가진다. OFDM 심볼은 8MHz, 2MHz대역에서 각각 4096, 1024-FFT(fast Fourier transform)를 사용하며 전치부호는 1/8로 고정되어 있다. 일반적인 OFDM 시스템에서는 보호구간과 CP가 동일한 의미로 사용되나 CMMB에서의 보호구간은 각각의 심볼들이 겹쳐지는 구간으로 그림 3

의 T_{GI} 와 같다. T_{GI} 는 그림 3과 같이 심볼의 시작 부분과 전치구간의 앞부분을 복사한 후 그림 4의 윈도우와 같이 가중치를 곱해 구할 수 있다. 보호구간은 각각의 송신 ID, 동기 신호와 OFDM 심볼 사이에 위치한다. CMMB는 보호구간을 뒀으로서 동일한 주파수 대역의 다른 시스템에 비해 주파수간 간섭이 적어 효율적인 주파수 사용을 하도록 하였다. OFDM 심볼에는 다른 모바일 OFDM 방송과 같이 분산파일럿이 존재하며 $(1+j)0$ 란 값으로 고정되어 있어 수신측에서 동기과 등화에 사용된다. 연속 파일럿은 성상이 BPSK이며 TS 인덱스, 인터리버 정보 등이 들어가 패턴 예측이 불가하며 평균 전력은 일반 데이터와 동일하여 동기를 목적으로 사용하는 것이 불가능하다.

III. 주파수 동기 알고리즘

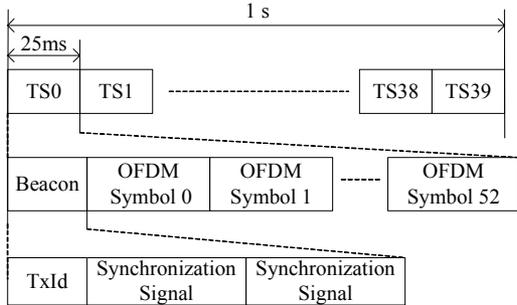


그림 2. 타임 슬롯 기반 프레임 구조

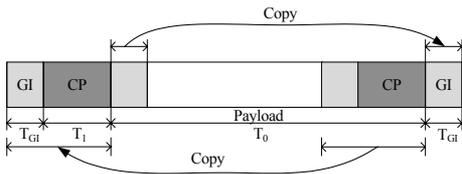


그림 3. 보호구간과 전치 부호

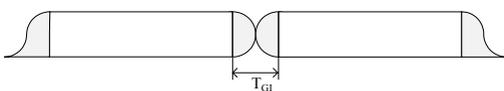


그림 4. 보호구간의 윈도우

본 장에서는 동기 알고리즘의 전체 순서와 소수배 주파수 동기와 정수배 주파수 동기에 대하여 알아본다. 동기 알고리즘은 보통 대략적 시간 동기, 소수배 주파수 동기, 정수배 주파수 동기, 미세 시간 동기의 순으로 진행된다. CMMB의 동기 알고리즘의 순서는 그림 5와 같다. 먼저 동기신호를 이용하여 타임 슬롯의 시작점을 찾아 대략적 시간의 동기를 획득한다. 그 다음 OFDM의 심볼을 이용하여 소수배 주파수 동기를 획득한 뒤 동기 신호를 이용하여 정수배의 주파수 동기를 획득한다. 이 후 미세한 시간 동기를 보상하고 채널의 상황에 따라 소수배 주파수 동기를 선택적으로 동작함으로써 도플러 효과 등으로 인한 미세한 주파수 오프셋을 보상하여 전체 수신기 동기를 완성하게 된다. 본 논문에서는 대략적인 시간의 동기를 타임 슬롯의 동기 신호를 사용해 이미 획득했다고 가정하고 주파수 동기를 획득에 초점을 맞추었다.

3.1 소수배 주파수 동기 알고리즘

수신기의 내부 환경과 도플러 효과 등에 의해 타임슬롯 모든 구간에 생길 수 있는 소수배의 미세한

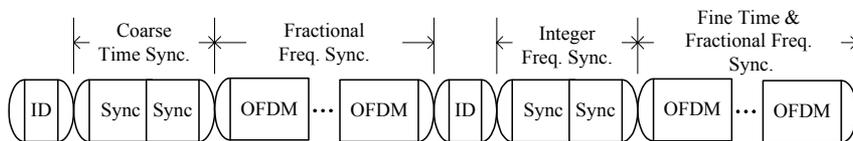


그림 5. 제안 동기 알고리즘 순서도

주파수 오프셋은 OFDM 심볼과 동기 신호를 이용하여 추정할 수 있다. 그러나 CMMB의 동기 신호는 타임 슬롯 25ms 중 460.8μs에만 존재 하여 전체 구간에 비해 아주 짧은 시간만 소수배의 주파수 오프셋 추정 및 보상이 가능하다. 그러므로 전체 타임 슬롯의 대부분을 차지하는 OFDM 심볼을 이용하는 것이 소수배 주파수 동기를 위해서 가장 적합하다. OFDM 심볼을 이용한 소수배 주파수 동기 알고리즘은 연속 파일럿을 이용한 알고리즘과 전치 부호를 이용한 알고리즘으로 나눌 수 있다. OFDM 연속 파일럿을 이용한 알고리즘은 연속 파일럿의 패턴을 정확히 알아야 소수배 주파수 오프셋 추정이 가능하다. 그러나 CMMB의 연속 파일럿은 랜덤한 패턴을 가진 BPSK 성상으로 구성되므로 수신기에서 예측이 불가능 하여 소수배 주파수 추정 알고리즘으로는 적합하지 않다. 전치부호는 CMMB 프레임에 존재하여 송신 ID를 제외한 모든 구간에서 소수배 주파수 오프셋을 구할 수 있다. 그러므로 CMMB의 소수배 주파수 동기 알고리즘은 전치부호를 이용하는 알고리즘이 가장 적합하다.

전치 부호를 이용한 대표적인 방법으로는 Beek 알고리즘이 있으며 주파수 추정식은 다음과 같다.

$$\hat{\epsilon} = \frac{1}{2\pi T} \tan^{-1} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^L \text{Im} [y_l(N-i) \cdot y_l(-i)^*]}{\sum_{i=1}^L \text{Re} [y_l(N-i) \cdot y_l(-i)^*]} \right\} \quad (1)$$

여기서 $y_l(i)$ 는 l 번째 OFDM 심볼의 i 번째 샘플된 신호, N 은 부 반송파의 개수, T 는 샘플링 시간 간격, L 은 전치부호구간의 표본 개수이다. 그리고 $\text{Re}[\cdot]$ 와 $\text{Im}[\cdot]$ 는 각각 복소수의 실수부와 허수부를 나타내며, $(\cdot)^*$ 는 복소공액을 의미한다.

식(1)은 전치부호구간과 전치 부호를 위해 복사한 유효데이터구간 전체를 사용한다. 그러나 대략적 시간 동기의 오차가 존재하거나 다중채널로 프리고스트(pre-ghost)와 포스트 고스트(post-ghost)가 있는 경우, 소수배 오프셋을 예측하기 위해 추출된 구간의 앞부분과 뒷부분에서 ISI가 발생하여 Beek 알고리즘의 소수배 주파수 오프셋 추정 성능이 떨어지게 된다. 본 논문에서는 이를 보완하여 전치구간 전대역을 사용하지 않고 가운데 구간만을 사용하여 프리 고스트와 포스트 고스트로 인한 주파수 추정 성능을 개선하고자 한다.

제안된 알고리즘은 다음과 같다.

$$\hat{\epsilon} = \frac{1}{2\pi T} \tan^{-1} \left\{ \frac{\sum_{i=P}^{L-P} \text{Im} [y_l(N-i) \cdot y_l(-i)^*]}{\sum_{i=P}^{L-P} \text{Re} [y_l(N-i) \cdot y_l(-i)^*]} \right\} \quad (2)$$

여기서 P 는 채널 임펄스 응답 중에 주경로와 가장 멀리 떨어진 경로의 표본화 간격으로 정규화된 거리이다.

3.2 정수배 주파수 동기 알고리즘

앞 절에서 CMMB는 소수배 주파수 오프셋의 추정을 OFDM의 전치부호를 이용해 타임 슬롯의 대부분 구간에서 수행함을 보였다. 이는 방송 시스템 내에서 소수배의 주파수 오프셋이 항상 존재할 가능성이 있었기 때문이다. 반면에 정수배 주파수 오프셋은 한번 추정하여 보상하면 부 반송파 간격이 충분히 커 타임슬롯 내에서 정수배 오프셋이 존재하지 않는다. 그러므로 정수배의 주파수 오프셋의 추정은 빠른 시간 내에 정확한 추정이 요구된다.

부 반송파 간격의 정수배 주파수 오프셋 추정은 주파수 영역의 알고 있는 패턴을 이용하거나 보호대역을 이용하여 수행 할 수 있다. 보호 대역을 이용하여 정수배 주파수 오프셋을 추정 알고리즘은 계산량은 적으나 정확한 추정을 위해서는 높은 SNR이 요구 된다. 반면 주파수 영역의 알고 있는 패턴을 이용한 알고리즘은 낮은 SNR에서도 정확한 정수배 주파수 오프셋의 추정이 가능하다. 그러므로 본 논문은 주파수 영역의 알고 있는 패턴을 이용한 알고리즘을 CMMB의 정수배 주파수 추정에 이용한다.

CMMB의 수신기는 주파수 영역에서 동기 신호와 분산파일럿 패턴을 알고 있고 이를 활용하여 정수배 주파수 오프셋을 추정할 수 있다. CMMB의 분산 파일럿은 8개 부 반송파 마다 하나 존재하고 분산 파일럿의 부 반송파를 8로 나누었을 때 나머지가 각각 1, 3, 5, 7을 가지게 되는 4가지 모드가 존재한다. 분산파일럿을 이용한 정수배 주파수 오프셋의 추정은 4가지 모드를 다 추정하여야 정확하게 정수배 추정을 할 수 있으며 OFDM 4 심볼 구간동안 추정하게 된다. 이와 다르게 CMMB의 동기신호를 이용한 정수배 주파수 동기는 동기신호 구간이 짧아 분산파일럿에 비해 동기 추정 시간이 짧게 된다. 또한 동기 신호를 이용한 알고리즘은 작은 데이터를 이용하고 상관을 취하는 데이터의 개수가 분산 파일럿을 이용한 알고리즘 보다 작게 되어 복잡도가 낮아진다. 이에 본 논문은 CMMB의 정수배

주파수 동기 알고리즘으로 동기 신호를 이용한다.

동기 신호는 주파수영역의 PN 시퀀스로 $S(i), i = 0, 1, \dots, M-1$, 이다. 여기서 M 은 최대 유효 PN시퀀스의 개수이다. s 번째 수신된 TS내에 존재하는 첫 동기 신호의 i 번째 부 반송파를 $Y_s(i)$ 라 하자. 첫 번째 수신된 동기 신호에서 M 개의 부 반송파를 택하여 PN시퀀스와 상관값을 구한다. 그 다음 동기신호의 선택된 M 개의 부 반송파를 하나씩 이동시켜 PN 시퀀스와 상관값을 구하고 계속 부 반송파를 하나씩 이동시켜 상관값을 구한다. 여기서 이동할 수 있는 부 반송파의 최대 개수를 θ_j 라고 하면 θ_j 는 제안된 알고리즘의 최대 정수배 오프셋 검색 범위가 된다. 정확도를 높이기 위해 두 개의 수신 동기 신호를 상관값을 취해 정수배 주파수 오프셋을 구하면 다음과 같다.

$$\arg \max_A \left\{ \sum_{i=0}^{M-1} Y_s(i+A) \cdot S(i)^* + \sum_{i=0}^{M-1} Y_{s+1}(i+A) \cdot S(i)^* \right\} \quad (3)$$

where $1 \leq A \leq \theta_j$

IV. 컴퓨터 모의실험

본 논문에서는 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 CMMB 시스템의 주파수 동기 알고리즘의 성능을 평가하였다. 8MHz인 CMMB 대역을 사용하였으며 SNR을 10dB로 두고 알짜 데이터의 성상은 QPSK로 하여 소수배 주파수 동기와 정수배 주파수 동기를 각각 실험 하였다. 채널의 환경은 이동방송 시스템의 평가에 많이 사용되는 TU-6채널을 사용하였으며 하였으며 그 특성은 표 1과 같다.

주파수 동기는 앞 장에서 소개한 것과 같이 대략적 시간 동기 후에 진행되며 어느 정도의 시간 오차가 존재하는 상태에서 주파수 오프셋을 추정하여

표 1. TU-6 채널의 특성

	Relative Power (dB)	Delay (μ s)
Path 1	-3.0	0.0
Path 2	0.0	0.2
Path 3	-5.0	0.5
Path 4	-6.0	1.6
Path 5	-8.0	2.3
Path 6	-10.0	5.0

보상하게 된다. 그러므로 주파수 동기 알고리즘은 시간 오프셋이 잔존할 때를 가정하였으며 정수배와 소수배 알고리즘 모두 약 50 샘플의 시간 동기 오차를 두었다. 또한 소수배 주파수 오프셋 추정 알고리즘의 P 값은 100으로 하였다. P 값을 크게 선택할 시 시간영역에서 전치부호를 취하는 구간이 짧아 잡음의 영향을 많이 받게 되어 정확한 주파수 오프셋을 추정 하지 않게 된다. 작은 값의 P값을 선택한다면 프리 코스트와 포스트 코스트에서의 성능 개선 크지 않아 Beek 알고리즘 비해 거의 구별이 되지 않는다. 그러므로 적절한 P의 값을 선택해야 한다. 대부분의 경로 지연은 보호구간의 1/4안에서 일어나므로 P의 최대값은 8MHz대역에서 128로 선택할 수 있다. 본 논문에서는 P를 100로 선택하여 소수배 주파수 오프셋을 비교하는 데이터 수를 300개 이상으로 하여 잡음에는 둔감하면서 프리 코스트와 포스트 코스트에는 강하도록 하였다. 제안된 소수배의 알고리즘에 대한 특성 곡선과 분산은 그림 6, 7과 같다. 그림 6에서 제안된 소수배 주파수 알고리즘은 50샘플의 시간오차가 존재하는 다중 경로 채널에서 임의로 -0.5부터 0.01 증가시켜 0.5까지 둔 소수배 주파수 오프셋에 대하여 선택적으로 찾고 있음을 볼 수 있다. 또한 주파수 오프셋이 없을 때 즉 주파수 오프셋이 0일 때 정확하게 0을 지남을 볼 수 있다. 이것은 소수배 주파수 오프셋을 잔존 시간 오차가 존재하는 다중경로 채널에서도 정확하게 주파수 보상 가능하다는 의미이다. 그림 7은 제안한 주파수 동기 알고리즘과 Beek 알고리즘의 추정값의 오류에 대한 분산을 구하였다. 제안한 알고리즘의 분산이 대부분의 영역에서 Beek 알고리즘의 분산에 비해 작은 값을 가지고 있음을 볼 수 있다. 그림 8에서 제안한 정수배 주파수 알고리즘의

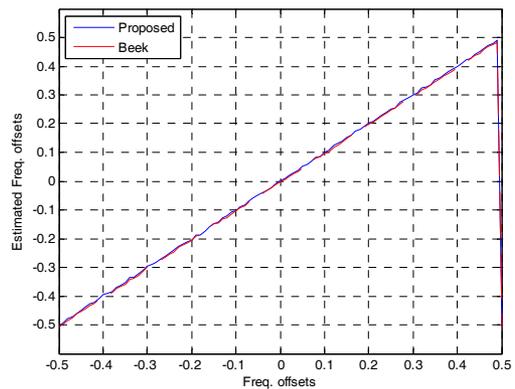


그림 6. 제안 소수배 주파수 추정 알고리즘의 특성곡선

V. 결 론

본 논문은 방통 융합 시스템 중 하나로서 중국항 모바일 TV인 CMMB 시스템에 적합한 주파수 동기를 제안하였다. 부 반송파 간격으로 주파수를 일반화 시켰을 때 소수배에 대하여 OFDM 심볼의 전 치구간을 이용한 알고리즘을 제안하였으며 정수배는 동기신호와 상관을 통하여 피크 값을 찾아 오프셋을 찾는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 TU-6 채널에서 각각 검증하였으며 시간오프셋이 50 샘플 잔존한 경우에도 정확하게 소수배와 정수배 주파수 오프셋을 추정함을 알 수 있었다. 또한 제안된 알고리즘은 25ms에 주파수 동기를 추정 할 수 있으며 시간 동기와 같이 수행 할 시 2개의 타임슬롯 내에서 동기 획득이 가능하게 된다. 따라서 본 논문에서 제안된 알고리즘을 사용한 CMMB 수신기는 빠른 시간 내에 정확한 주파수 동기가 가능하며 동기 신호가 들어간 다른 OFDM 시스템에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] "Mobile Multimedia Broadcasting, Part 1: Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Broadcasting Channel," GY/T 220.1-2006.
- [2] 이동환, "중, 모바일TV 표준안 'CMMB' 공표" 해외방송정보, 제704호, pp. 66-67, 2006. 12.
- [3] J. Jo, H. Kim and D. S. Han, "Residual frequency offset compensation for IEEE 802.11a," in *Proc. VTC2004-Fall*, Vol. 3, pp. 2201-2204, LA, Sept. 2004.
- [4] J. J. van de Beek, M. Sandell, and P. O. Börjesson, "ML estimation of time and frequency offset in OFDM systems," *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 45, pp. 1800-1805, July 1997.
- [5] F. Daffara, O. Adami, "A new frequency detector for orthogonal multicarrier transmission techniques," in *Proc. VTC*, Vol. 2, pp.804-809, 1995.
- [6] P. H. Moose, "A technique for orthogonal frequency division multiplexing frequency offset correction," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 42, No. 10, pp. 2908-2914, Oct. 1994.

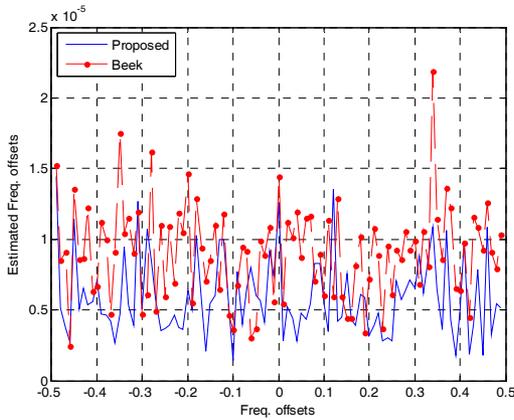


그림 7. 제안 소수배 주파수 추정 알고리즘의 분산

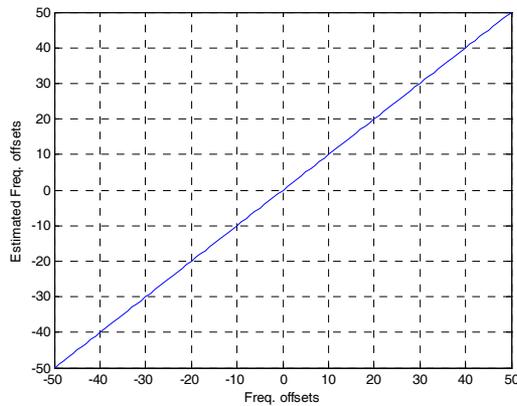


그림 8. 제안 정수배 주파수 오프셋 추정 알고리즘의 특성 곡선

특성 곡선은 소수배 주파수 알고리즘과 동일한 환경에서 실험하였다. 소수배 주파수 오프셋을 보상한 후 정수배 주파수 오프셋을 추정하므로 정수배의 주파수 오프셋만 존재한다고 가정하였으며 그 크기를 동기 신호 부 반송파 구간의 -50에서 50으로 오차를 두어 실험하였다. 제안한 정수배 주파수 추정 알고리즘은 -50에서 50사이의 모든 주파수 오프셋의 값에서 정수배 오프셋을 정확히 추정하고 있음을 볼 수 있다. 즉 50개의 부 반송파 간격의 어떤 위치에도 한 번에 정수배 오프셋을 추정 및 보상할 수 있다. 본 실험 결과는 소수배와 정수배의 주파수 오프셋의 추정이 하나의 타임슬롯 내의 OFDM 심볼들과 동기신호 안에 이뤄 질 수 있음을 보여 준다. 그러므로 주파수 동기에 걸리는 시간은 약 25ms가 되며 시간 동기 까지 포함하면 50ms 즉 2개의 타임슬롯 안에 동기를 획득 할 수 있을 것으로 기대 된다.

- [7] B. Y. Prasetyo, F. Said and A. H. Aghvami, "On the guard band-based coarse frequency offset estimation technique for burst OFDM systems" in *Proc. VTC-Spring*, Vol. 1, pp. 220-224, 2000.
- [8] F. Classen and H. Meyr, "Frequency synchronization algorithms for OFDM systems suitable for communication over frequency selective fading channels," in *Proc. VTC*, Vol. 3, pp.1655-659, 1994.
- [9] H. Nogami and T. Nagashima, "A frequency and timing period acquisition technique for OFDM systems," in *Proc. PIMRC*, Vol. 3, pp.1010-1015 1995.

한 등 석(Dong Seog Han)

중신회원



1987년 경북대학교 전자공학과 공학사

1989년 KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사

1993년 KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사

1987년 10월~1996년 8월 삼성전자 기술총괄신호처리 연구소 선임연구원

1996년 8월~현재 경북대학교 전자공학부 교수

2006년 7월~2008년 7월 정보통신연구진흥원 디지털TV/방송사업단 단장

<관심분야> 차세대 방송 시스템 및 이동통신 신호처리

강 은 수(Eun Su Kang)

정회원



2006년 경북대학교 전자전기공학부 학사

2008년 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부 석사

2008년~현재 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부 박사과정

<관심분야> OFDM 시스템, 차세대 방송 시스템