

# (19)대한민국특허청(KR)

## (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.

H04J 11/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2006-0089087

(43) 공개일자

2006년08월08일

(21) 출원번호 10-2005-0010159

(22) 출원일자 2005년02월03일

(71) 출원인 인하대학교 산학협력단  
인천 남구 용현동 253 인하대학교(72) 발명자 장경희  
서울특별시 양천구 목 1동 925 목동신시가지아파트 720동 501호  
김정주  
인천 연수구 선학동 금호아파트1동 104호  
노정호  
인천 연수구 동춘동 삼성아파트1동 205호

(74) 대리인 이원희

심사청구 : 있음

(54) OFDM-FDMA / CDMA / TDMA 시스템에서 심볼타이밍 추정 성능 향상을 위한 프리앰블 구조 및 방법

### 요약

본 발명은 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서의 심볼 타이밍 동기 추정성능 향상을 위한 프리앰블 구조 및 방법에 관한 것으로, OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템을 기반으로 한 시스템의 하향 링크 프리앰블의 심볼 타이밍 추정 방법에 있어서, 역 고속 푸리에 변환(IFFT) 통과 이후 기준 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존 프리앰블 구조(수학식1,  $P_1 = [A \ A]$ )에 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5,  $P_2 = [A^*B^* \ A^*B^*]$ )를 설정하는 단계; 및 상기 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조에 제안된 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식 6,

$M_2(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2}$ )을 실행하는 단계를 포함한다. 이를 통하여, OFDMA를 기반으로 한 시스템에서 제안된 하향 링크 프리앰블 구조와 알고리즘에 의해 기존의 검출 확률 성능보다 낮은 SNR에서도 검출 확률 성능을 향상시키는 효과를 갖는다.

### 대표도

도 2

### 색인어

OFDM, FDMA, CDMA, TDMA, 프리앰블, 시간 동기, 심볼 타이밍 추정

### 명세서

## 도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템을 위한 시간 영역에서의 프리앰블 구조에 대한 도면.

도 2는 본 발명에서 제안한 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템을 위한 시간 영역에서의 프리앰블 구조에 대한 도면.

도 3은 종래의 심볼 타이밍 추정 알고리즘을 사용한 Timing Metric에 대한 도면.

도 4는 본 발명에서 제안한 심볼 타이밍 추정 알고리즘을 사용한 Timing Metric에 대한 도면.

도 5는 AWGN 채널 환경 하에서 종래의 심볼 타이밍 추정 알고리즘과 본 발명에서 제안한 알고리즘의 검출 확률에 대한 비교 도면.

도 6은 페이딩 채널 환경 하에서 종래의 심볼 타이밍 추정 알고리즘과 본 발명에서 제안한 알고리즘의 검출 확률에 대한 비교 도면.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

d: 심볼 타이밍 오프셋  $r_1, r_2$ : 수신된 신호,

$r_1^*$ :  $r_1$ 의 공액 복소수 N: 부반송파의 개수

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상을 위한 프리앰블(Preamble) 구조 및 방법에 관한 것으로, 특히 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서의 시간 동기 성능을 향상시키기 위해 기존의 성능보다 낮은 신호 대 잡음비(SNR)에서도 향상된 검출 확률 성능을 제공하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상을 위한 프리앰블 구조 및 방법에 관한 것이다.

최근, 국내외적으로 IP 기반의 패킷 서비스를 목적으로 하는 2.3GHz 대역을 사용하는 휴대인터넷(WiBro: Wireless Broadband) 및 4세대 이동통신에 대한 관심이 높아지면서, 일반적으로 동기 수행을 위한 컨트롤 채널의 성능에 의해 좌우되는 셀 커버리지 및 초기 투자비용에 대한 휴대 인터넷 및 4세대 이동통신 시스템의 요구 사항을 만족시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히, 직교 주파수 분할 다중 접속 방식(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기법은 다중 사용자가 서로 다른 부반송파를 통해 동시에 신호를 전송하는 방식으로서, 주파수 선택적 페이딩 현상과 협대역 간섭에 강한 특성으로 인해 차세대 광대역 무선 다중 접속 방식 중 하나로 제안되었으며, 높은 전송 효율과 간단한 단일 탭 등화기로 채널의 왜곡을 보상할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한, 심각한 인접 심볼간 간섭(ISI: Inter Symbol Interference) 문제를 순환 확장(CP: Cyclic Prefix)을 사용하여 쉽게 해결할 수 있는 장점을 가지고 있으므로, 4세대 이동통신 시스템에 적용하기에 적절한 방식중의 하나로서 주목 받고 있다.

이러한 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 시스템의 장점을 기반으로 하여, 다양한 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위한 다중 사용자 접속 방식인 직교 주파수 분할 다중 접속(OFDMA: OFDM-FDMA/CDMA/TDMA) 시스템에 대한 연구가 진행 중에 있다. 상기 직교 주파수 분할 다중 접속(OFDMA) 방식은 각 사용자에게 서로 다른 서브 캐리어를 할당하는 다중 사용자 접속방식으로, 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. 상기 OFDMA 방식은 IEEE 802.16a 표준의 물리계층이며, 한국에서 연구되고 있는 초고속 휴대인터넷과의 연계가 활발히 진행되고 있는 상태이다.

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

도 1은 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정을 위한 종래 프리앰블 구조를 보여준다. OFDMA를 기반으로 한 휴대인터넷 시스템의 하향 링크 프리앰블은 초기 동기, 주파수 오프셋, 셀 탐색에 사용되고, 역고속 푸리에 변환(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform) 통과 이후 시간 영역에서 패턴이 한 번 반복되는 구조를 가진다.

OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템을 위한 시간 영역에서의 하향 링크 프리앰블(Preamble)은 한 심볼(Symbol)로 이루어져있고, 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존의 프리앰블( $P_1$ ) 구조를 가지며, 수학식 1과 같이 표현된다.

$$\text{수학식 1} \\ P_1 = [A \ A]$$

도 1은 휴대인터넷 시스템의 하향 링크 프리앰블의 역고속 푸리에변환(IFFT) 통과 이후의 Amplitude를 나타낸 것이며, 수학식 1과 도 1에 표현된 대로 프리앰블 샘플(A)이 시간 영역에서 패턴이 반복되고 대칭되는 구조임을 알 수 있다.

수학식 2는 수학식 1을 사용한 종래의 심볼 타이밍 추정 알고리즘을 나타내며,  $P_1(d)$ 와  $R_1(d)$ 는 수학식 3과 수학식 4에서 보여준다. 수학식 3과 수학식 4에서  $d$ 는 심볼 타이밍 오프셋,  $r_1$ 은 수신된 신호,  $r_1^*$ 은  $r_1$ 의 공액 복소수,  $N$ 은 부반송파의 개수를 나타낸다.

$$\text{수학식 2} \\ M_1(d) = \frac{|P_1(d)|^2}{(R_1(d))^2}$$

상기  $M_1(d)$ 는 타이밍 메트릭(Timing Metric),  $P_1(d)$ 는 수신된 신호의 자기상관된(Autocorrelation) 신호,  $R_1(d)$ 는 자기상관 시킨 샘플을 정규화(Normalization) 시키기 위한 신호를 나타낸다.

$$\text{수학식 3} \\ P_1(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r_1^*(d-k+N/2) \cdot r_1(d+k+N/2)$$

$$\text{수학식 4} \\ R_1(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r_1(d+k+N/2)|^2$$

도 2는 종래 심볼 타이밍 동기 추정 알고리즘을 사용하였을 때, 시간 샘플에 따른 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 보여준다. 종래 심볼 타이밍 동기 추정 알고리즘은 두 개의 반복되는 패턴의 자기 상관(Autocorrelation)을 통하여 그 결과 최대값의 90%에 해당하는 지점을 찾아서, 그 위치의 평균으로 심볼 타이밍을 추정하는 방법으로, 순환 확장(CP: Cyclic Prefix) 구간, 즉, 보호구간 내에서는 평평한 특성을 가지기 때문에 정확한 심볼 타이밍 추정을 하는 것이 어렵다는 문제점이 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로써, 본 발명의 목적은 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템을 위한 종래의 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 프리앰블 구조 및 그에 따른 심볼 타이밍 추정 알고리즘의 문제점인 검출 확률 성능을 해결하기 위해, 현재 2.3GHz를 사용하는 휴대인터넷 및 4세대 이동통신 시스템으로 각광 받고 있는

OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 기존 성능보다 낮은 SNR 에서도 향상된 검출 확률 성능을 얻기 위해, 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용하여 프리앰블(Preamble) 구조를 변형시키고, 그에 따른 심볼 타이밍 추정 알고리즘을 제공하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상을 위한 프리앰블 구조 및 방법 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA를 기반으로 한 시스템의 하향 링크 프리앰블의 심볼 타이밍 추정 방법에 있어서, 역고속 푸리에변환(IFFT, Inverse Fast Fourier Transform) 통과 이후 기존 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존 프리앰블 구조(수학식1,  $P_1 = [A \ A]$ )에 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5,  $P_2 = [A \ B^* \ A \ B^*]$ )로 설정하는 단계; 및 상기 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조에

제안된 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식 6,  $M_2(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2}$ )을 실행하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상 방법을 제공한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시 예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

본 발명은 기존의 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 시간 동기 성능을 향상시키기 위해, 새로운 프리앰블 구조 및 심볼 타이밍 추정 알고리즘을 제공한다.

본 발명에서는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 기존에 사용된 프리앰블과 그에 따른 알고리즘에 관한 성능을 보이고, 심볼 타이밍 추정 성능을 향상시키는 제안된 프리앰블 구조와 그에 따른 알고리즘에 대하여 기술한다.

도 3은 기존의 심볼 타이밍 추정 성능을 향상시키기 위해 제안한 프리앰블 구조를 나타낸다. 역고속 푸리에 변환(IFFT:Inverse Fast Fourier Transform) 통과 이후 기존의 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존의 프리앰블 구조(수학식1,  $P_1 = [A \ A]$ )에서 대칭성과 공액 복소수(Complex Conjugate)를 이용한 것으로써, 수학식 5와 같이 표현된다. 기존의 심볼 타이밍 추정 알고리즘에 비하여 보호 구간 내에서 평평한 특성을 가지지 않고, 정확한 심볼 타이밍 위치에서 가장 높은 값이 생성되는 것을 보여주므로 향상된 성능을 가짐을 나타낸다.

### 수학식 5

$$P_2 = [A \ B^* \ A \ B^*]$$

수학식 5를 참조하면, 역고속 푸리에변환(IFFT) 통과 이후 시간 영역에서 프리앰블 샘플은  $A = a + bi$ 로 나타나고,  $B$ 는  $A$ 의 대칭을 의미하며, 공액 복소수(Complex Conjugate) 특성을 갖는 프리앰블 샘플  $B^* = a - bi$ 로 나타낸다.

수학식 6은 수학식 5의 대칭성과 공액복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조에 적용한 본 발명에서 제안한 심볼 타이밍 추정 알고리즘을 나타내며,  $P_2(d)$ 와  $R_2(d)$ 는 수학식 7과 수학식 8에서 보여준다. 수학식 7과 수학식 8에서  $d$ 는 심볼 타이밍 오프셋,  $r_2$ 는 수신된 신호,  $N$ 은 부반송파의 개수를 나타낸다.

### 수학식 6

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

상기  $M_2(d)$ 는 타이밍 메트릭,  $P_2(d)$ 는 수신된 신호의 자기 상관(Autocorrelation) 된 신호,  $R_2(d)$ 는 자기 상관 시킨 샘플을 정규화(Normalization)시키기 위한 신호를 나타낸다.

### 수학식 7

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

## 수학식 8

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

본 발명에서 심볼 타이밍 추정 성능은 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존의 프리앰블 구조(수학식1)와 기존의 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식2)에 의한 기존의 방식과, 본 발명에 의한 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5)와 본 발명에서 제안된 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식6)에서 제안한 방법을 적용하여 심볼 타이밍을 찾는 방법으로 표1과 같이 파라미터를 적용하였고, 채널 모델은 AWGN 과 ITU-R M.1225 Ped-B 3km/h 를 사용하여 모의 실험을 한 후 비교하였다.

도 4는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널 환경에서 기존의 심볼 타이밍 추정 방법과 본 발명에서 제안한 심볼 타이밍 추정 방법의 성능 곡선을 보여준다. 상기 대칭성과 공액 복소수를 이용한 제안된 프리앰블(Preamble) 구조와 심볼 타이밍 추정 알고리즘 사용하였을 경우, SNR 0 dB에서 100%의 성능을 가지는 반면, 기존의 방법은 약 95%의 검출 확률을 가진다. 본 발명에서 제안한 심볼 타이밍 추정 방법을 사용할 경우 기존의 심볼 타이밍 추정 방법에 비하여 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio) 검출 확률 성능이 개선되는 것을 알 수 있다.

도 5는 ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h 페이딩 채널 환경에서 기존의 심볼 타이밍 추정 방법과 본 발명에서 제안한 심볼 타이밍 추정 방법의 성능 곡선을 보여준다. 본 발명에서 제안된 대칭성과 공액 복소수를 이용한 프리앰블 구조와 알고리즘 사용하였을 경우, SNR 0 dB에서 약 96 %의 성능을 가지는 반면, 기존의 방법은 약 33%의 검출 확률을 가진다. 본 발명에서 제안한 심볼 타이밍 추정 방법을 사용할 경우 기존의 방법에 비하여 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio) 검출 확률 성능이 개선되었음을 알 수 있다.

[표 1]

| 파라미터                 | 값            |
|----------------------|--------------|
| 채널 대역폭               | 10MHz        |
| 샘플링 주파수              | 10MHz        |
| 샘플링 간격               | 100nsec      |
| FFT 크기               | 1024         |
| 사용된 부반송파 개수          | 864          |
| 데이터 부반송파 개수          | 768          |
| 파일럿 부반송파 개수          | 96           |
| 부반송파 주파수 간격          | 9.765625 KHz |
| 유효 심볼 구간             | 102.4 us     |
| CP(Cyclic Prefix) 시간 | 12.8 us      |
| OFDMA 심볼 시간          | 115.2 us     |
| TDD 프레임 길이           | 5 ms         |

기존의 성능보다 낮은 신호 대 잡음비(SNR)에서도 향상된 검출 확률 성능을 나타내므로, 휴대인터넷 및 4 세대 이동통신 시스템으로 활발히 연구가 진행되고 있는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 보다 좋은 시간 동기 추정을 위한 방법으로 사용할 수 있다.

IP 기반의 패킷 서비스를 목적으로 하는 휴대 인터넷 및 4세대 이동통신 시스템에서 본 발명에서 제안한 상기 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조 및 알고리즘은 낮은 SNR에서도 향상된 검출 확률 성능을 나타내므로, 일반적으로 동기 수행을 위한 컨트롤 채널의 성능에 의해 좌우되는 셀 커버리지가 증가하게 되어 초기 투자비용이 줄어들게 되므로, 휴대 인터넷 및 4세대 이동통신시스템으로 활발히 연구가 진행되고 있는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템의 시장성 측면에서 양호하다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

### 발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서의 향상된 심볼 타이밍 추정 성능을 제공하는 프리앰블 구조 및 방법은 기존의 심볼 타이밍 추정 방법에 비하여 낮은 신호 대 잡음비(SNR)에서도 좋은 검출 확률 성능을 제공하는 효과가 있다.

또한, 현재 휴대인터넷 및 4세대 이동통신의 시스템으로 주목받고 있는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템의 경우 직교성이 깨지는 경우에는 인접 채널 간 간섭(ICI: Inter Channel Interference)이 발생되어 시스템 성능을 저하시키게 된다. 따라서, OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서는 수신단에서의 시간 및 주파수 동기화의 중요성이 크게 강조된다. 본 발명에서 제안한 프리앰블 구조 및 그 방법은 이러한 단점을 극복할 수 있으므로, 향후 휴대 인터넷 및 4세대 이동통신 시스템으로 활발히 연구가 진행되고 있는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 낮은 SNR에서도 향상된 성능을 얻을 수 있는 시간동기 추정을 위한 방법으로 사용될 가능성이 충분하다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

OFDM-FDMA/CDMA/TDMA를 기반으로 하는 시스템의 하향 링크 프리앰블의 심볼 타이밍 추정 방법에 있어서,

역 고속 푸리에 변환(IFFT) 통과 이후 기존 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존 프리앰블 구조(수학식1,  $P_1 = [A \ A]$ )에 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5,  $P_2 = [A^*B^* \ A^*B^*]$ )로 설정하는 단계; 및

상기 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조에 제안된 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식 6,

$$M_2(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2} \text{을 실행하는 단계;}$$

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상 방법.

#### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존의 프리앰블 구조(수학식1,  $P_1 = [A \ A]$ )에 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5,  $P_2 = [A^*B^* \ A^*B^*]$ )에 상기 제안된 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식 6,

$$M_2(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2} \text{을 실행하도록 수학식 7과 } P_2(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r_2(d-k+N/2) \cdot r_2(d+k+N/2) \text{, 수학식 8인}$$

$R_2(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r_2(d+k+N/2)|^2$  (d는 심볼 타이밍 오프셋,  $r_2$ 는 수신된 신호, N은 부반송파의 개수를 나타냄)을 적용함으로써 기존 심볼 타이밍 추정 성능보다 낮은 신호 대 잡음비(SNR)에서도 검출 확률 성능을 향상시키는 것을 특징으로 하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상 방법.

#### 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5,  $P_2(d)=[A' B^* A' B^*]$ )는 시간 영역에서 프리앰블 샘플  $A = a + bi$ 로 나타나고, B는 A'의 대칭을 의미하며 공액 복소수(Complex Conjugate) 특성을 갖는 프리앰블 샘플  $B^* = a - bi$ 로 나타내는 것을 특징으로 하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서의 심볼 타이밍 추정 성능 향상 방법.

#### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 청구항 3에 기재된 심볼 타이밍 추정 알고리즘(수학식 6,  $M_2(d) = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2}$ )은

상기  $M_2(d)$ 는 타이밍 메트릭(Timing metric),  $P_2(d)$ 는 수신된 신호의 자기 상관(Autocorrelation)된 신호,  $R_2(d)$ 는 자기 상관 시킨 샘플을 정규화(Normalization)시키기 위한 신호를 나타내며, OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 기존의 심볼 타이밍 추정 알고리즘의 검출 확률 성능보다 낮은 SNR 에서도 향상된 검출 확률 성능을 개선시키는 것을 특징으로 하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상 방법.

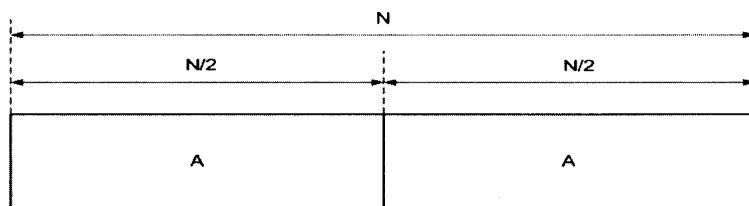
#### 청구항 5.

제 1 항에 있어서,

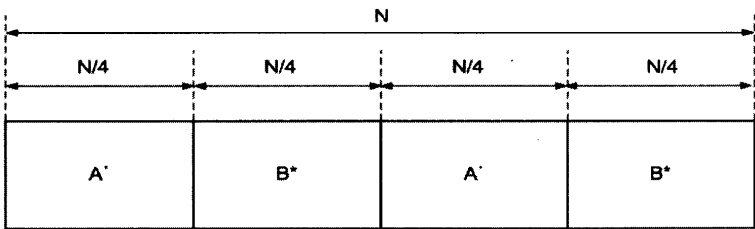
상기 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA를 기반으로 하는 시스템의 하향 링크 프리앰블이 기존 시간 영역에서 패턴이 한번 반복되는 기존 프리앰블 구조(수학식1,  $P_1 = [A A]$ )에서 대칭성과 공액 복소수의 특성을 이용한 프리앰블 구조(수학식5,  $P_2 = [A' B^* A' B^*]$ )를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM-FDMA/CDMA/TDMA 시스템에서 심볼 타이밍 추정 성능 향상을 위한 프리앰블 구조.

도면

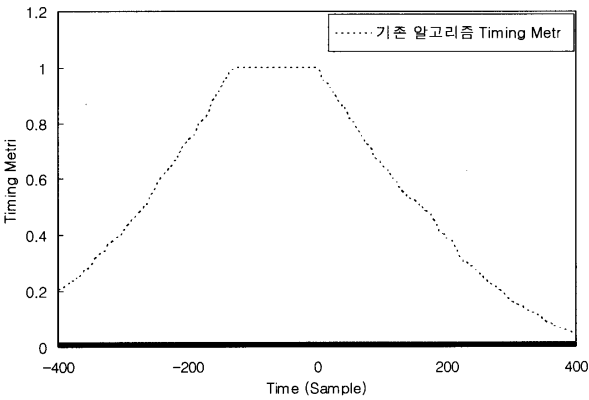
도면1



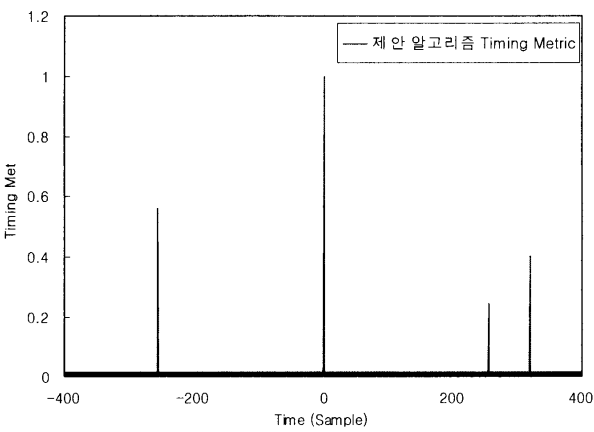
도면2



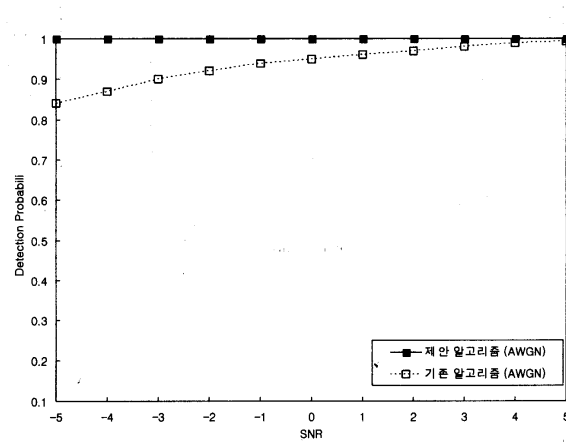
도면3



도면4



도면5



도면6

