



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0038925

(43) 공개일자 2015년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04J 11/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0117319

(22) 출원일자 2013년10월01일

심사청구일자 2013년10월01일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

김진상

경기 용인시 수지구 죽전로193번길 35, 104동 803호 (죽전동, 성현마을반도유보라)

윤장혁

경기 안양시 동안구 관악대로 135, 142동 2302호 (비산동, 삼성래미안아파트)

장익준

서울 성동구 독서당로40길 25, 107동 1207호 (옥수동, 현대아파트)

(74) 대리인

서재승

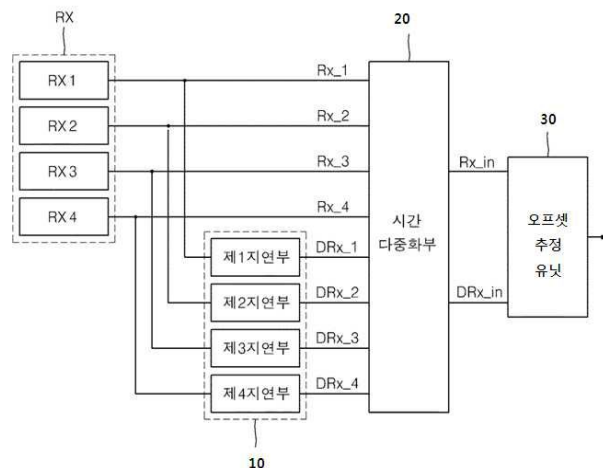
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 OFDM 통신 시스템에서 반송파 주파수 오프셋의 추정 방법

### (57) 요약

본 발명은 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 방법에 관한 것으로, 보가 구체적으로 현재 수신 신호뿐만 아니라 이전 수신 신호도 고려하여 트레이닝 심볼 중 일부만 사용하더라도 높은 정확도로 반송파 주파수 오프셋 추정할 수 있으며, 트레이닝 심볼 중 일부만을 사용함으로써 하드웨어 구조와 연산량을 줄일 수 있는 반송파 주파수 오프셋 추정값 계산 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도3



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 방법에 있어서,

이전 수신 신호를 버퍼링에 저장하는 단계;

상기 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 현재 샘플 신호와 상기 이전 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 이전 샘플 신호로 이루어진 조합 신호로부터 롱 자기 상관값과 쇼트 자기 상관값을 계산하는 단계;

상기 롱 자기 상관값으로부터 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )을 계산하는 단계;

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ ), 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 크기를 비교하여, 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값, 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부와 허수부 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 판단하는 단계; 및

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값과 상기 대략적 반송파 오프셋 추정값의 정수로부터 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 롱 자기 상관값과 상기 쇼트 자기 상관값을 계산하는 단계는

상기 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 쇼트 샘플 신호와 상기 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 쇼트 샘플 신호로 이루어진 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하는 단계; 및

상기 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 롱 샘플 신호와 상기 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 롱 샘플 신호로 이루어진 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 현재 쇼트 샘플 신호와 상기 이전 쇼트 샘플 신호는 쇼트 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어진 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 현재 롱 샘플 신호와 상기 이전 롱 샘플 신호는 롱 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어진 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 5

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서, 상기 현재 쇼트 샘플 신호, 상기 이전 쇼트 샘플 신호, 상기 현재 롱 샘플 신호 및 상기 이전 롱 샘플 신호의 길이는 수신 안테나의 수에 반비례하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 6

제 2 항에 있어서, 상기 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 판단하는 단계는

상기 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 도출하기 위한 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 것을 특징으로 하는 반송파

주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하는 단계는

상기 제1 영역 분리 기법은 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_c$ )와 허수부( $Q_c$ )간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하며,

상기 제2 영역 분리 기법은 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_c$ ), 허수부( $Q_c$ ) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_f$ )의 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하는 단계는

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_f$ )의 절대값의 크기가 0.25보다 작은 경우에는 상기 제1 영역 분리 기법을 선택하고, 상기 절대값의 크기가 0.25보다 큰 경우에는 상기 제2 영역 분리 기법을 선택하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

#### 청구항 9

OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 장치에 있어서,

이전 수신 신호를 저장하는 버퍼링부;

상기 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 현재 샘플 신호와 상기 이전 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 이전 샘플 신호로 이루어진 조합 신호로부터 롱 자기 상관값과 쇼트 자기 상관값을 계산하는 자기 상관값 계산부;

상기 롱 자기 상관값으로부터 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_f$ )을 계산하는 정밀 추정값 계산부;

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_f$ ), 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_c$ )와 허수부( $Q_c$ ) 크기를 비교하여, 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값, 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부와 허수부 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하는 대략 추정값 판단부; 및

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값과 상기 대략적 반송파 오프셋 추정값의 정수로부터 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 추정값 계산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 자기 상관값 계산부는

상기 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 쇼트 샘플 신호와 상기 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 쇼트 샘플 신호로 이루어진 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하는 쇼트 계산부; 및

상기 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 롱 샘플 신호와 상기 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 롱 샘플 신호로 이루어진 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산하는 롱 계산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 쇼트 계산부는

상기 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼과 상기 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 각각 이전 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호를 생성하는 쇼트 샘플 신호 생성부;

상기 이전 쇼트 샘플 신호와 상기 현재 쇼트 샘플 신호를 입력받아 상기 이전 쇼트 샘플 신호의 복소 공액과 상기 현재 쇼트 샘플 신호의 복소 공액을 생성하는 쇼트 공액부;

상기 이전 쇼트 샘플 신호와 상기 이전 쇼트 샘플 신호의 복소 공액, 및 상기 현재 쇼트 샘플 신호와 상기 현재 쇼트 샘플 신호의 복소 공액으로 이루어진 쇼트 조합 신호의 자기 상관 출력을 계산하는 쇼트 복소수 곱셈부; 및

일정 주기 동안 상기 쇼트 조합 신호의 자기 상관 출력을 합산하여 상기 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하는 쇼트 합산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 롱 계산부는

상기 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼과 상기 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 각각 이전 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호를 생성하는 롱 샘플 신호 생성부;

상기 이전 롱 샘플 신호와 상기 현재 롱 샘플 신호를 입력받아 상기 이전 롱 샘플 신호의 복소 공액과 상기 현재 롱 샘플 신호의 복소 공액을 생성하는 롱 공액부;

상기 이전 롱 샘플 신호와 상기 이전 롱 샘플 신호의 복소 공액, 및 상기 현재 롱 샘플 신호와 상기 현재 롱 샘플 신호의 복소 공액으로 이루어진 롱 조합 신호의 자기 상관 출력을 계산하는 복소수 곱셈부; 및

일정 주기 동안 상기 롱 조합 신호의 자기 상관 출력을 합산하여 상기 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산하는 롱 합산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 청구항 13

제 11 항에 있어서, 상기 현재 쇼트 샘플 신호와 상기 이전 쇼트 샘플 신호는 쇼트 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어진 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 현재 롱 샘플 신호와 상기 이전 롱 샘플 신호는 롱 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어진 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 청구항 15

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서, 상기 대략 추정값 계산부는

상기 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수를 계산하기 위해 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법 중에서 영역 분리 기법을 선택하는 선택부; 및

선택한 상기 영역 분리 기법에서 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )의 크기 조건 또는 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수를 판단하는 정수 판단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 선택부는

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )의 절대값의 크기가 0.25보다 작은 경우에는 상기 제1 영역 분리 기법을 선택하고, 상기 절대값의 크기가 0.25보다 큰 경우에는 상기 제2 영역 분리 기법을 선택하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 제1 영역 분리 기법은 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_c$ )와 허수부( $Q_c$ )간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하며,

상기 제2 영역 분리 기법은 상기 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_c$ ), 허수부( $Q_c$ ) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하는 것을 특징으로 하는 반송파 주파수 오프셋 추정 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 방법에 관한 것으로, 보가 구체적으로 현재 수신 신호뿐만 아니라 이전 수신 신호도 고려하여 트레이닝 심볼 중 일부만 사용하더라도 높은 정확도로 반송파 주파수 오프셋 추정할 수 있으며, 트레이닝 심볼 중 일부만을 사용함으로써 하드웨어 구조와 연산량을 줄일 수 있는 반송파 주파수 오프셋 추정값 계산 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] OFDM(orthogonal frequency division multiplex)은 멀티-경로 전파에 강인하므로, IEEE 802.11a/g/n 표준에서 WLAN과 같은 다양한 무선 통신을 위한 효율적인 전송 기술로 사용되고 있다. MIMO(Multiple Input Multiple Output)-OFDM 기술은 높은 데이터 전송율과 멀티-경로 페이딩 채널에서 스펙트럼 효율을 제공하므로 차세대 통신을 위한 가장 유망한 기술로 고려된다. 그러나, OFDM과 MIMO-OFDM 시스템은 동기화 에러에 민감하며, 이러한 동기화 에러는 캐리어간 간섭 및 심볼간 간섭을 야기한다.

[0003] MIMO-OFDM 기반 동기화 시스템의 하드웨어 복잡성은 안테나 개수의 증가에 의해 선형적으로 증가된다. 그러므로, 효율적인 동기화 기술은 실제 MIMO-OFDM 송수신기 설계를 위한 주요한 이슈중 하나이다.

[0004] 도 1은 IEEE802.11a 표준에서 제시된 프리엠블 구조이다. 도 1을 참조하면,  $t_1$  내지  $t_{10}$ 은 쇼트 트레이닝 심볼(STS; Short Training Symbol)을 의미하고,  $T_1$ ,  $T_2$ 는 롱 트레이닝 심볼(LTS; Long Training Symbol)을 의미한다. 10개의 쇼트 트레이닝 심볼은 심볼 타이밍 동기화 및 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정(Coarse CFO Estimation)에 사용되며, 가드 인터벌(GI2)를 갖는 2개의 롱 트레이닝 심볼은 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정(Fine CFO Estimation) 및 채널 추정에 사용된다.

[0005] 도 2는 종래 기술의 일 예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정을 위한 자기 상관 방법의 개념도이다.

[0006] MIMO-OFDM WLAN 시스템에서, 자기 상관과 반송파 주파수 오프셋 추정은 이하의 [식 1]과 [식 2]로 정의된다.

[0007] [식 1]

$$A(n) = \sum_{j=0}^{N_r} \sum_{k=0}^{L_x-1} r_j(n+k) r_j^*(n+k-L_x)$$

[0008]

[0009] [식 2]

$$\varepsilon = \frac{N}{2\pi L_x} \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}\{A(n)\}}{\text{Re}\{A(n)\}} \right]$$

[0010]

[0011] 여기서,  $N_r$ 은 수신기 안테나의 개수,  $L_x$ 는 쇼트 트레이닝 심볼 또는 롱 트레이닝 심볼 길이로 각각 16 및 64이다.  $N$ 은 FFT 크기이고,  $\varepsilon$ 은 정규화된 반송파 주파수 오프셋값이다. 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정(16 샘플)과 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정(64 샘플)을 위한 지연 레지스터가 효율적인 설계를 위하여 공유되더라도, 실수부 및 허수부 각각 최소한 64개의 지연 레지스터가 필요하다.

[0012] 도 2에 도시된 바와 같이, 수신 안테나의 개수,  $N_r$ 이 4일때, 식1의 자기 상관을 수행하기 위하여, IEEE 802.11n 레거시 프리엠블, IEEE 802.11a 프리엠블에서는 256개의 지연 레지스터가 필요하다. 이와 같은 구성에 의하면,

MIMO 시스템 내의 수신 안테나의 개수가 증가하면, 각 수신 안테나 브랜치에서의 지연 레지스터 역시 선행적으로 증가하므로, 하드웨어의 복잡도 역시 증가하게 되는 문제점이 발생한다.

[0013] 이러한 문제점을 극복하기 위하여 수신된 트레이닝 심볼 전체를 사용하여 반송파 주파수 오프셋 추정을 하는 것이 아니라 수신된 트레이닝 심볼 중 일부만을 샘플 신호로 선택하여 반송파 주파수 오프셋 추정을 수행하는 종래 기술이 제안되었다. 종래 기술에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정의 경우 지연 레지스터의 개수를 감소시킴으로써, 하드웨어의 복잡성을 현저히 감소시키는 효과를 얻게 된다.

[0014] 그러나 종래 기술의 경우 트레이닝 심볼 중 일부만을 샘플 신호로 선택하여 반송파 주파수 오프셋 추정을 수행함으로써, 반송파 주파수 오프셋 추정이 정확하지 않다는 문제점을 가진다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 위에서 언급한 종래 기술에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법이 가지는 문제점들을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 이루고자 하는 목적은 현재 수신 신호뿐만 아니라 이전 수신 신호도 고려하여 트레이닝 심볼 중 일부만 사용하더라도 높은 정확도로 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 방법을 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 하드웨어 구조와 연산량을 줄이면서 정확도를 높인 반송파 주파수 오프셋 추정 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른, OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 방법은 이전 수신 신호를 버퍼링에 저장하는 단계와, 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 현재 샘플 신호와 이전 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 이전 샘플 신호로 이루어진 조합 신호로부터 롱 자기 상관값과 쇼트 자기 상관값을 계산하는 단계와, 롱 자기 상관값으로부터 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )을 계산하는 단계와, 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ ), 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 크기를 비교하여, 정밀 반송파 오프셋 추정값, 쇼트 자기 상관값의 실수부와 허수부 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 단계와, 정밀 반송파 오프셋 추정값과 대략적 반송파 오프셋 추정값의 정수부로부터 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따라 롱 자기 상관값과 쇼트 자기 상관값을 계산하는 단계는 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 쇼트 샘플 신호와 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 쇼트 샘플 신호로 이루어진 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하는 단계와, 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 롱 샘플 신호와 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 롱 샘플 신호로 이루어진 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 바람직하게, 현재 쇼트 샘플 신호와 이전 쇼트 샘플 신호는 쇼트 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어지며, 현재 롱 샘플 신호와 이전 롱 샘플 신호는 롱 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0020] 여기서 현재 쇼트 샘플 신호, 이전 쇼트 샘플 신호, 현재 롱 샘플 신호 및 이전 롱 샘플 신호의 길이는 수신 안테나의 수에 반비례하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따라 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 단계는 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수부를 도출하기 위한 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 바람직하게, 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 단계는 제1 영역 분리 기법은 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ )간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수부를 판단하며, 제2 영역 분리 기법은 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ ), 허수부( $Q_C$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값

( $\varepsilon_F$ )의 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따라 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 단계는 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 절대값의 크기가 0.25보다 작은 경우에는 제1 영역 분리 기법을 선택하고, 절대값의 크기가 0.25보다 큰 경우에는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른, OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 장치는 이전 수신 신호를 저장하는 버퍼링부와, 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 현재 샘플 신호와 이전 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 이전 샘플 신호로 이루어진 조합 신호로부터 롱 자기 상관값과 쇼트 자기 상관값을 계산하는 자기 상관값 계산부와, 롱 자기 상관값으로부터 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )을 계산하는 정밀 추정값 계산부와, 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ ), 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 크기를 비교하여, 정밀 반송파 오프셋 추정값, 쇼트 자기 상관값의 실수부와 허수부 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 대략 추정값 판단부와, 정밀 반송파 오프셋 추정값과 대략적 반송파 오프셋 추정값의 정수부로부터 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 추정값 계산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 여기서 자기 상관값 계산부는 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 쇼트 샘플 신호와 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 쇼트 샘플 신호로 이루어진 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하는 쇼트 계산부와, 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 롱 샘플 신호와 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 롱 샘플 신호로 이루어진 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산하는 롱 계산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 여기서 쇼트 계산부는 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼과 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 각각 이전 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호를 생성하는 쇼트 샘플 신호 생성부와, 이전 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호를 입력받아 이전 쇼트 샘플 신호의 복소 공액과 현재 쇼트 샘플 신호의 복소 공액을 생성하는 쇼트 공액부와, 이전 쇼트 샘플 신호와 이전 쇼트 샘플 신호의 복소 공액, 및 현재 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호의 복소 공액으로 이루어진 쇼트 조합 신호의 자기 상관 출력을 계산하는 쇼트 복소수 곱셈부와, 일정 주기 동안 쇼트 조합 신호의 자기 상관 출력을 합산하여 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하는 쇼트 합산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 여기서 롱 계산부는 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼과 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 각각 이전 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호를 생성하는 롱 샘플 신호 생성부와, 이전 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호를 입력받아 이전 롱 샘플 신호의 복소 공액과 현재 롱 샘플 신호의 복소 공액을 생성하는 롱 공액부와, 이전 롱 샘플 신호와 이전 롱 샘플 신호의 복소 공액, 및 현재 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호의 복소 공액으로 이루어진 롱 조합 신호의 자기 상관 출력을 계산하는 복소수 곱셈부와, 일정 주기 동안 롱 조합 신호의 자기 상관 출력을 합산하여 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산하는 롱 합산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 바람직하게, 현재 쇼트 샘플 신호와 이전 쇼트 샘플 신호는 쇼트 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어지며, 현재 롱 샘플 신호와 이전 롱 샘플 신호는 롱 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0029] 여기서 대략 추정값 계산부는 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수부를 계산하기 위해 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법 중에서 영역 분리 기법을 선택하는 선택부와, 선택한 영역 분리 기법에서 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 크기 조건 또는 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수부를 판단하는 정수 판단부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 바람직하게 선택부는 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 절대값의 크기가 0.25보다 작은 경우에는 제1 영역 분리 기법을 선택하고, 절대값의 크기가 0.25보다 큰 경우에는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 바람직하게, 제1 영역 분리 기법은 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ )간의 크기 조건에 상응하는 대략

적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하며, 제2 영역 분리 기법은 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_c$ ), 허수부( $Q_c$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_f$ )의 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 판단하는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0032] 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법은 현재 수신 신호뿐만 아니라 이전 수신 신호도 고려함으로써, 트레이닝 심볼 중 일부만 사용하더라도 높은 정확도로 반송파 주파수 오프셋을 추정할 수 있다.

[0033] 또한 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법은 트레이닝 심볼 중 일부만을 사용함으로써 하드웨어 구조와 연산량을 줄일 수 있으며, 오프셋 추정값 중 정수는 아크탄젠트(arctangent) 연산없이 영역 분리 기법으로 추정함으로써 낮은 연산량으로 반송파 주파수 오프셋 추정할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 IEEE802.11a 표준에서 제시된 프리엠블 구조이다.
- 도 2는 종래 기술의 일 예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정을 위한 자기 상관 방법의 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MIMO-OFDM 기반 무선랜 통신 시스템의 반송파 주파수 오프셋 추정 장치를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 오프셋 추정 유닛(30)을 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 버퍼링부(100)와 자기 상관 계산부(200)의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 쇼트 계산부의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 롱 계산부의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 쇼트 자기 상관값( $A_s(n)$ )을 계산하기 방법의 개념도를 도시하고 있다.
- 도 9는 본 발명에 따른 대략 추정값 판단부의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법을 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- 도 11은 본 발명에서 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_c$ )의 정수를 계산하는 단계의 일 예를 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 12는 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법의 적용 범위를 도식적으로 나타낸 도이다.
- 도 13은 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법의 성능을 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하 첨부한 도면을 참고로 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법 및 그 장치에 대해 구체적으로 설명한다.

[0036] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MIMO-OFDM 기반 무선랜 통신 시스템의 반송파 주파수 오프셋 추정 장치를 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0037] 도 3을 참고로 본 발명의 일 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 장치는 신호 지연부(10), 시간 다중화부(20) 및 오프셋 추정 유닛(30)을 포함한다.

[0038] 신호 지연부(10)는 다수의 수신 안테나(RX)로부터 수신된 신호를 소정 주기만큼 지연시켜서, 지연 수신 신호를 출력시킨다. 본 발명의 일 실시예의 경우, 4개의 수신 안테나(RX1, RX2, RX3, RX4)를 사용하며, 신호 지연부(10)도 수신 안테나의 수에 대응되게 제1 신호 지연부 내지 제4 신호 지연부로 구성되며, 각 신호 지연부는 수신 신호의 트레이닝 심볼 중 일부의 샘플 신호의 수에 상응하는 개수의 지연 레지스터로 구성된다. 이는 설명의 편의를 위하여 예로서 설명하는 것으로서, 수신 안테나의 개수나 신호 지연부의 개수가 이에 한정되는 것은

아니다.

- [0039] 시간 다중화부(20)는 다수의 수신 신호와 지연 수신 신호를 입력 신호로 인가 받아, 다수의 수신 신호 및 지연 수신 신호를 각 수신 안테나별로 서로 상이한 시간 구간으로 분할하여 출력시킨다.
- [0040] 오프셋 추정 유닛(30)은 시간 다중화부(20)에서 출력된 각 수신 안테나별 현재 수신 신호 및 현재 지연 수신 신호뿐만 아니라, 이전에 수신된 이전 수신 신호 및 이전 지연 수신 신호를 고려하여 반송파 주파수 오프셋의 추정값을 계산한다.
- [0041] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 오프셋 추정 유닛(30)을 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- [0042] 도 4를 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 버퍼링부(100)는 수신 신호를 수신하는 경우 수신 신호를 저장한다. 자기 상관값 계산부(200)는 버퍼링부(100)에 저장되어 있는 이전 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 이전 샘플 신호와, 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 트레이닝 심볼에 대한 현재 샘플 신호로 이루어진 조합 신호로부터 롱 자기 상관값과 쇼트 자기 상관값을 계산한다.
- [0043] 정밀 추정값 계산부(300)는 계산한 롱 자기 상관값으로부터 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )을 계산하며, 대략 추정값 판단부(400)는 정밀 추정값 계산부(300)에서 계산한 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )과 자기 상관값 계산부(200)에서 계산한 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ ) 및 허수부( $Q_C$ ) 크기를 비교하여, 정밀 반송파 오프셋 추정값 및 쇼트 자기 상관값의 실수부와 허수부 크기 조건에 일치하는 영역 분리 기법을 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법에서 선택하여 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 판단한다.
- [0044] 추정값 계산부(500)는 정밀 반송파 오프셋 추정값과 대략적 반송파 오프셋 추정값의 정수를 합하여 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산한다.
- [0045] 도 5는 본 발명에 따른 버퍼링부(100)와 자기 상관 계산부(200)의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- [0046] 도 5를 참고로 살펴보면, 버퍼링부(100)는 쇼트 버퍼링부(110)와 롱 버퍼링부(120)을 구비하는데, 이전 수신 신호가 수신되는 경우 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼은 쇼트 버퍼링부(110)에 저장되며, 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼은 롱 버퍼링부(120)에 저장된다.
- [0047] 한편, 자기 상관 계산부(200)는 쇼트 자기 상관값을 계산하는 쇼트 계산부(210)와 롱 자기 상관값을 계산하는 롱 계산부(220)을 구비하는데, 쇼트 계산부(210)는 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 쇼트 샘플 신호와 쇼트 버퍼링부(110)에 저장된 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 쇼트 샘플 신호로 이루어진 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산한다. 롱 계산부(220)는 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 롱 샘플 신호와 롱 버퍼링부(120)에 저장된 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 롱 샘플 신호로 이루어진 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산한다.
- [0048] 도 6은 본 발명에 따른 쇼트 계산부의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이며, 도 7은 본 발명에 따른 롱 계산부의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- [0049] 먼저, 도 6을 참고로 살펴보면, 쇼트 샘플 신호 생성부(211)는 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼과 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 각각 이전 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호를 생성한다.
- [0050] 본 발명에서 반송파 주파수 오프셋을 추정하기 위하여 현재 수신 신호 또는 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼 전체를 사용하는 것이 아니라 현재 쇼트 샘플 신호 또는 이전 쇼트 샘플 신호를 사용하는데, 쇼트 샘플 신호 생성부(211)는 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼 중 일부만을 선택하여 쇼트 샘플 신호를 생성한다. 여기서 샘플 신호의 길이는 '쇼트 트레이닝 심볼의 전체 신호 길이/수신 안테나 개수'로 정해진다. 예를 들어 쇼트 트레이닝 심볼(Short Training Symbol, STS)의 전체 신호 길이는 16 샘플이며, 수신 안테나 개수는 4개인 경우, 쇼트 샘플 신호의 길이는  $16/4 = 4$ 가 된다.
- [0051] 쇼트 공액부(213)는 이전 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호를 입력받아 이전 쇼트 샘플 신호의 복소 공액

과 현재 쇼트 샘플 신호의 복소 공액을 생성한다. 쇼트 복소수 곱셈부(215)는 이전 쇼트 샘플 신호와 이전 쇼트 샘플 신호의 복소 공액, 및 현재 쇼트 샘플 신호와 현재 쇼트 샘플 신호의 복소 공액으로 이루어진 쇼트 조합 신호의 자기 상관 출력을 계산한다. 쇼트 합산부(217)는 일정 주기 동안 쇼트 조합 신호의 자기 상관 출력을 합산하여 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산한다. 여기서 일정 주기란 샘플 신호를 구성하는 심볼의 수에 해당하는 주기를 의미한다.

[0052] 도 8을 참고로 쇼트 자기 상관값( $A_s(n)$ )을 계산하기 방법의 개념도를 살펴보면, 수신 안테나의 개수에 상관없이 고정된 지연 레지스터 개수를 사용하는 방식으로, 이하의 수학적 식 3과 같이 표현된다.

[0053] [수학적 식 3]

$$A_s(n) = \sum_{j=1}^{N_r} \sum_{k=0}^{\lfloor L/N_r \rfloor - 1} r_{jnow}(n+k) r_{jnow}^*(n+k-L_x) \cdot r_{jbe}(n+k) r_{jbe}^*(n+k-L_x)$$

[0055] 여기서  $N_r$ 은 수신 안테나 개수,  $L_x$ 는 쇼트 트레이닝 심볼의 전체 신호 길이,  $r_{jnow}$ 는 현재 쇼트 샘플 신호,  $r_{jbe}$ 는 이전 쇼트 샘플 신호를 의미한다. 이에 따르면, 각 수신 브랜치의 지연 레지스터의 수는  $1/N_r$ 로 감소되며 전체 쇼트 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼만이 샘플 신호를 구성한다.

[0056] 다음으로 도 7을 참고로 롱 계산부를 살펴보면, 롱 샘플 신호 생성부(221)는 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼과 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 각각 이전 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호를 생성한다.

[0057] 여기서 샘플 신호의 길이는 '롱 트레이닝 심볼의 전체 신호 길이/수신 안테나 개수'로 정해진다. 예를 들어 롱 트레이닝 심볼(Short Training Symbol, STS)의 전체 신호 길이는 64 샘플이며, 수신 안테나 개수는 4개인 경우, 쇼트 샘플 신호의 길이는  $64/4 = 16$ 이 된다.

[0058] 롱 공액부(223)는 이전 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호를 입력받아 이전 롱 샘플 신호의 복소 공액과 현재 롱 샘플 신호의 복소 공액을 생성한다. 롱 복소수 곱셈부(225)는 이전 롱 샘플 신호와 이전 롱 샘플 신호의 복소 공액, 및 현재 롱 샘플 신호와 현재 롱 샘플 신호의 복소 공액으로 이루어진 롱 조합 신호의 자기 상관 출력을 계산한다. 롱 합산부(227)는 일정 주기 동안 롱 조합 신호의 자기 상관 출력을 합산하여 롱 조합 신호의 자기 상관값을 계산한다. 여기서 일정 주기란 샘플 신호를 구성하는 심볼의 수에 해당하는 주기를 의미한다.

[0059] 여기서 롱 계산부(220)에서 롱 자기 상관값( $A_l(n)$ )은 아래의 수학적 식 4와 같이 계산된다.

[0060] [수학적 식 4]

$$A_l(n) = \sum_{j=1}^{N_r} \sum_{k=0}^{\lfloor L/N_r \rfloor - 1} r_{jnow}(n+k) r_{jnow}^*(n+k-L_y) \cdot r_{jbe}(n+k) r_{jbe}^*(n+k-L_y)$$

[0062] 여기서  $N_r$ 은 수신 안테나 개수,  $L_y$ 는 롱 트레이닝 심볼의 전체 신호 길이,  $r_{jnow}$ 는 현재 롱 샘플 신호,  $r_{jbe}$ 는 이전 롱 샘플 신호를 의미한다. 이에 따르면, 각 수신 브랜치의 지연 레지스터의 수는  $1/N_r$ 로 감소되며 전체 롱 트레이닝 심볼에서 선택된 일부 심볼만이 샘플 신호를 구성한다.

[0063] 도 9는 본 발명에 따른 대략 추정값 판단부의 일 예를 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0064] 도 9를 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 선택부(410)는 정밀 추정값 계산부(300)에서 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수를 계산하기 위해 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법 중에서 영역 분리 기법을 선택한다.

[0065] 정수 판단부(420)는 선택한 영역 분리 기법에서 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )의 크기 조건 또는 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\epsilon_C$ )의 정수를 판단한다. 즉, 정밀 추정값 계산부(300)은 정밀 반송파 오프셋 추정값을 계산하기 위하여 아크탄젠트 연산을 수행하는 반면, 대략 추정값 계산부(400)는 아크탄젠트 연산없이 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\epsilon_F$ )만을 이용하여 대략적 반송파

주파수 오프셋 추정값의 정수를 판단함으로써, 연산량을 줄일 수 있다.

- [0066] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법을 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- [0067] 도 10을 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 다수의 수신 안테나를 통해 신호를 수신하며(S110), 수신한 신호를 버퍼링에 저장한다(S120). 여기서 버퍼링에 저장한 수신 신호는 다음으로 수신되는 현재 수신 신호에 대해 이전 수신 신호이다.
- [0068] 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 쇼트 샘플 신호와 이전 수신 신호의 쇼트 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 쇼트 샘플 신호로 이루어진 쇼트 조합 신호의 쇼트 자기 상관값을 계산하고(S130), 이전 수신 신호 다음으로 수신되는 현재 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 현재 롱 샘플 신호와 이전 수신 신호의 롱 트레이닝 심볼로부터 생성되는 이전 롱 샘플 신호로 이루어진 롱 조합 신호의 롱 자기 상관값을 계산한다(S140).
- [0069] 여기서 롱 자기 상관값으로부터 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )을 계산하는데, 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )을 계산하는 일 예는 아래의 수학적 식 5과 같다.
- [0070] [수학적 식 5]
- $$\varepsilon_F = \frac{N}{2\pi L_y} \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im } A_l(n)}{\text{Re } A_l(n)} \right]$$
- [0071]
- [0072] 여기서 N은 FFT(Fast Fourier Transform) 크기이다.
- [0073] 먼저 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )에 따라 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법 중에서 영역 분리 기법을 선택하고, 선택한 영역 분리 기법에서 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ ), 쇼트 자기 상관값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ ) 크기에 상응하는 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 판단하는 단계한다(S160).
- [0074] 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )과 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수로부터 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산한다(S170).
- [0075] 바람직하게, 현재 쇼트 샘플 신호, 이전 쇼트 샘플 신호, 현재 롱 샘플 신호 및 이전 롱 샘플 신호의 길이는 수신 안테나의 수에 반비례하는데, 더욱 바람직하게 쇼트 샘플 신호의 길이는 쇼트 트레이닝 심볼/안테나수로 계산되며 롱 샘플 신호의 길이는 롱 트레이닝 심볼/안테나수로 계산된다.
- [0076] 도 11은 본 발명에서 대략적 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 계산하는 단계의 일 예를 설명하기 위한 흐름도이며, 도 12는 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법의 적용 범위를 도식적으로 나타낸 도이다. 본 발명의 일 실시예는 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법을 사용하여, 전체 CFO 추정 영역( $\pm 1.5$ )을 2 부분으로 구분하여 수행하는 실시예이다.
- [0077] 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 절대값의 크기가 0.25 이하인지 판단하여, 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 절대값의 크기가 0.25 이하인 경우에는 제1 영역 분리 기법을 선택하고, 절대값의 크기가 0.25보다 큰 경우에는 상기 제2 영역 분리 기법을 선택한다(S161). 이때, 제1 영역 분리 기법은 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력( $A_s(n)$ )값의 실수부( $I_C$ )와 허수부( $Q_C$ )간의 크기를 비교하고, 그에 상응하는 열악 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 판단한다(S162 내지 S166).
- [0078] 한편, 제2 영역 분리 기법은 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력( $A_s(n)$ )값의 실수부( $I_C$ ), 허수부( $Q_C$ ) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값( $\varepsilon_F$ )의 부호를 비교하고, 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값( $\varepsilon_C$ )의 정수를 판단한다(S167 내지 S177).

[0081] 도 13은 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법의 정확도를 나타낸 도면으로, 도 13에 도시되어 있는 바와 같이 전체 트레이닝 심벌을 이용하여 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 경우(MIMO without subsample)가 가장 정확하지만 연산량이 많다는 문제점을 가진다. 그리고 트레이닝 심벌에서 추출한 샘플 신호를 이용하는 경우(MIMO with subsample) 연산량은 줄어들지만 정확도가 떨어진다는 문제점을 가진다. 그러나 본원발명의 경우(proposed) 샘플 신호를 이용하면서도 정확도가 향상되었음을 확인할 수 있다.

[0083] 이와 마찬가지로, 롱 트레이닝 심볼(LTS)을 사용하여 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정을 위한 자기 상관값을 계산시, 각 수신 안테나는 상이한 시간 구간 동안에 자기 상관 계산을 수행한다. 즉, 제1 수신 안테나(RX1)는 T5 구간 동안에 자기 상관 계산을 수행하며, 제2 수신 안테나(RX2)는 T6 구간 동안에 자기 상관 계산을 수행하며, 제3 수신 안테나(RX3)는 T7 구간 동안에 자기 상관 계산을 수행하고, 제4 수신 안테나(RX4)는 T8 구간 동안에 자기 상관 계산을 수행한다.

[0085] 한편, 상술한 본 발명의 실시 예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

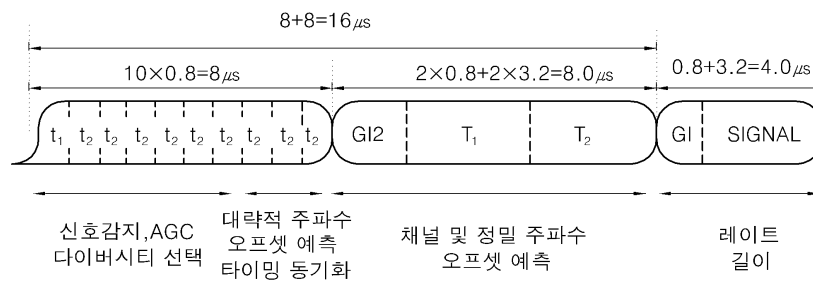
[0087] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

|        |                 |                 |
|--------|-----------------|-----------------|
| [0088] | 10: 지연부         | 20: 시간 다중화부     |
|        | 30: 오프셋 추정 유닛   | 100: 버퍼링부       |
|        | 200: 자기 상관값 계산부 | 300: 정밀 추정값 계산부 |
|        | 400: 대략 추정값 계산부 | 500: 추정값 계산부    |
|        | 110: 쇼트 버퍼링부    | 120: 롱 버퍼링부     |

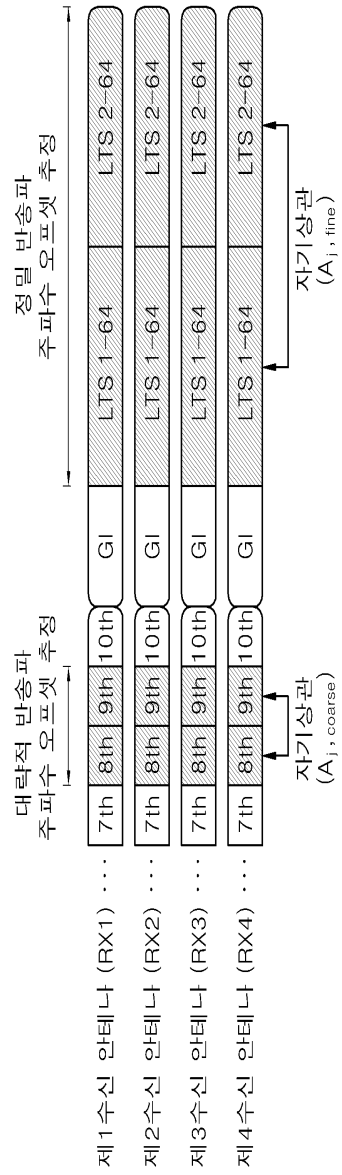
|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 210: 쇼트 계산부       | 220: 룡 계산부      |
| 211: 쇼트 샘플 신호 생성부 | 213: 쇼트 복소수 곱셈부 |
| 215: 쇼트 공액부       | 217: 쇼트 합산부     |
| 221: 룡 샘플 신호 생성부  | 223: 룡 복소수 곱셈부  |
| 225: 룡 공액부        | 227: 룡 합산부      |
| 410: 선택부          | 420: 정수 판단부     |

## 도면

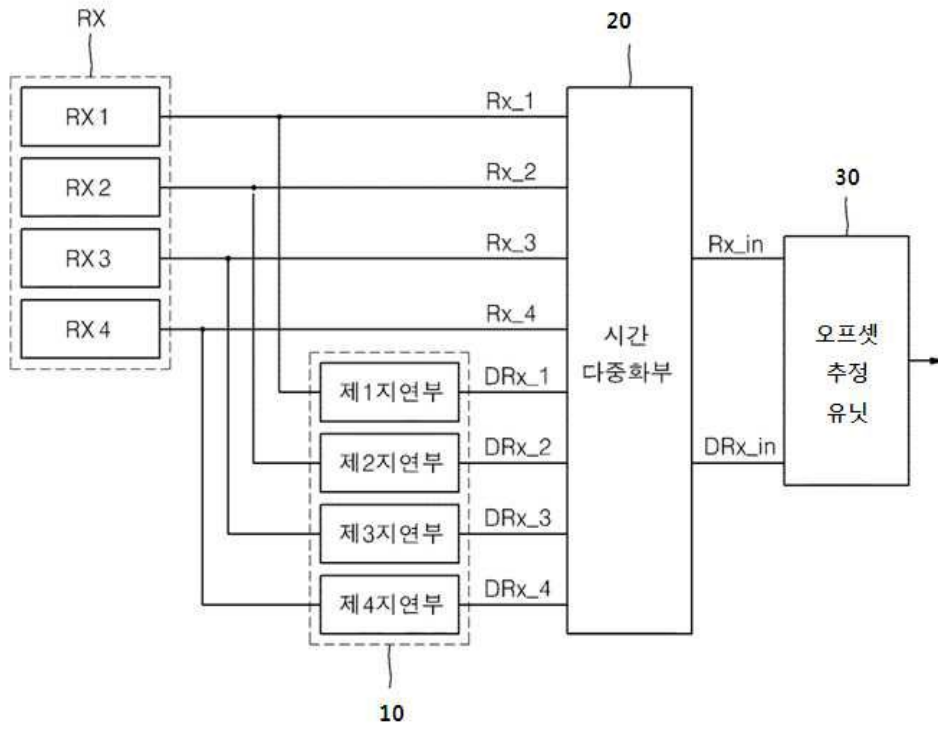
### 도면1



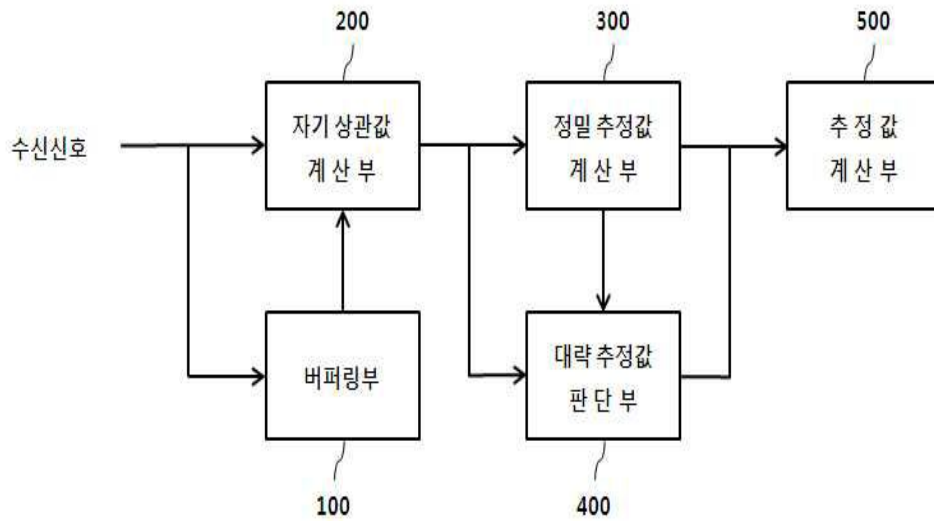
도면2



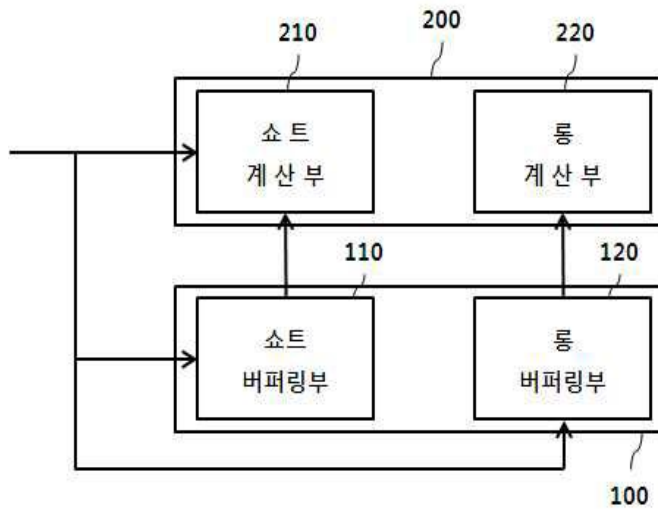
도면3



도면4



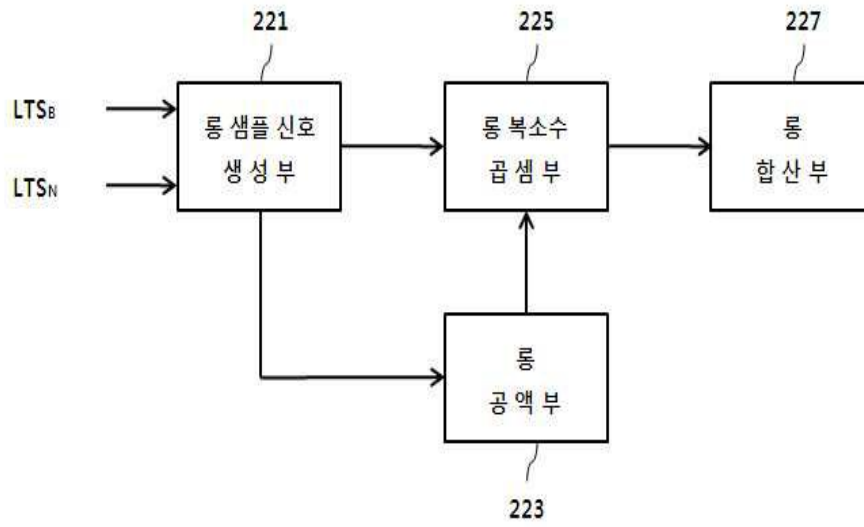
도면5



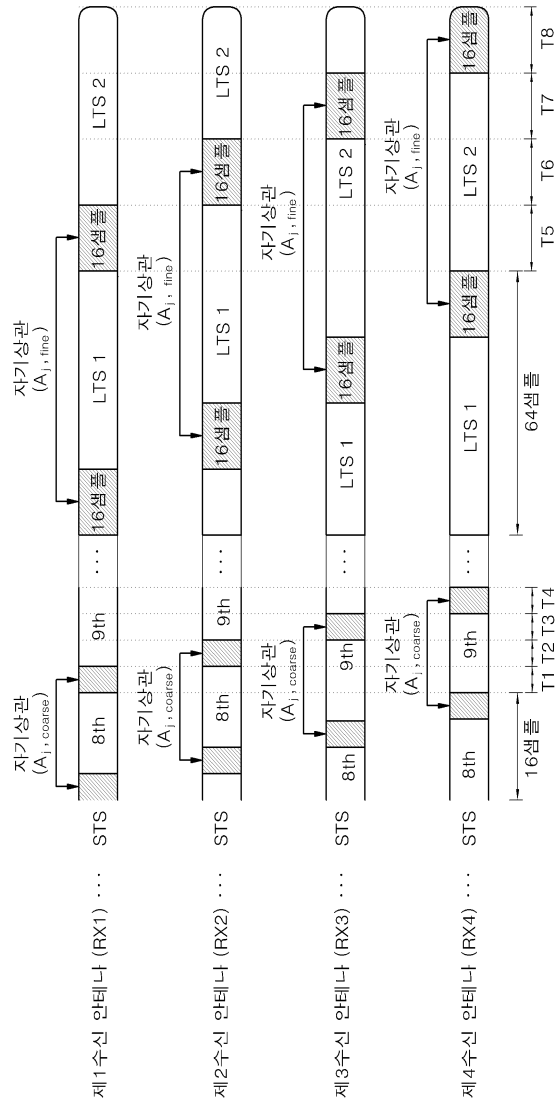
도면6



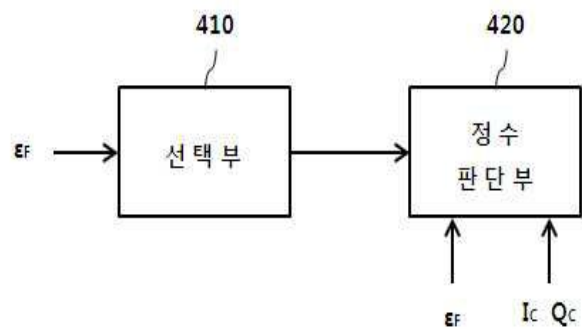
도면7



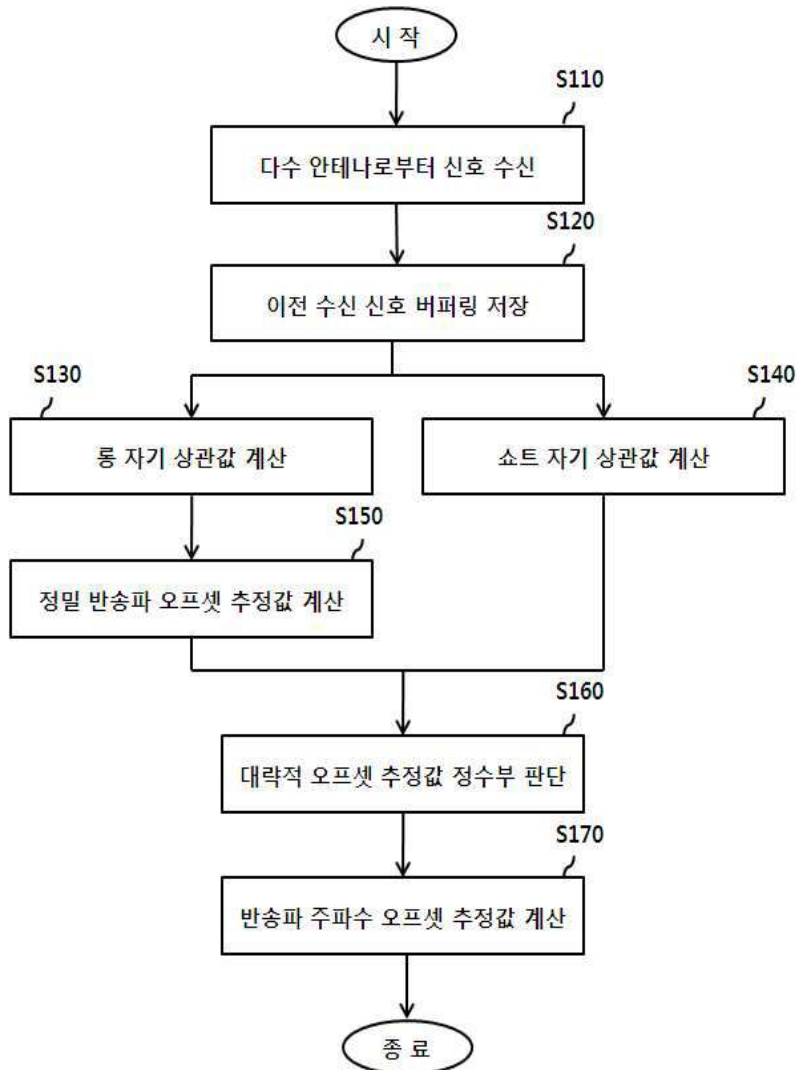
도면8



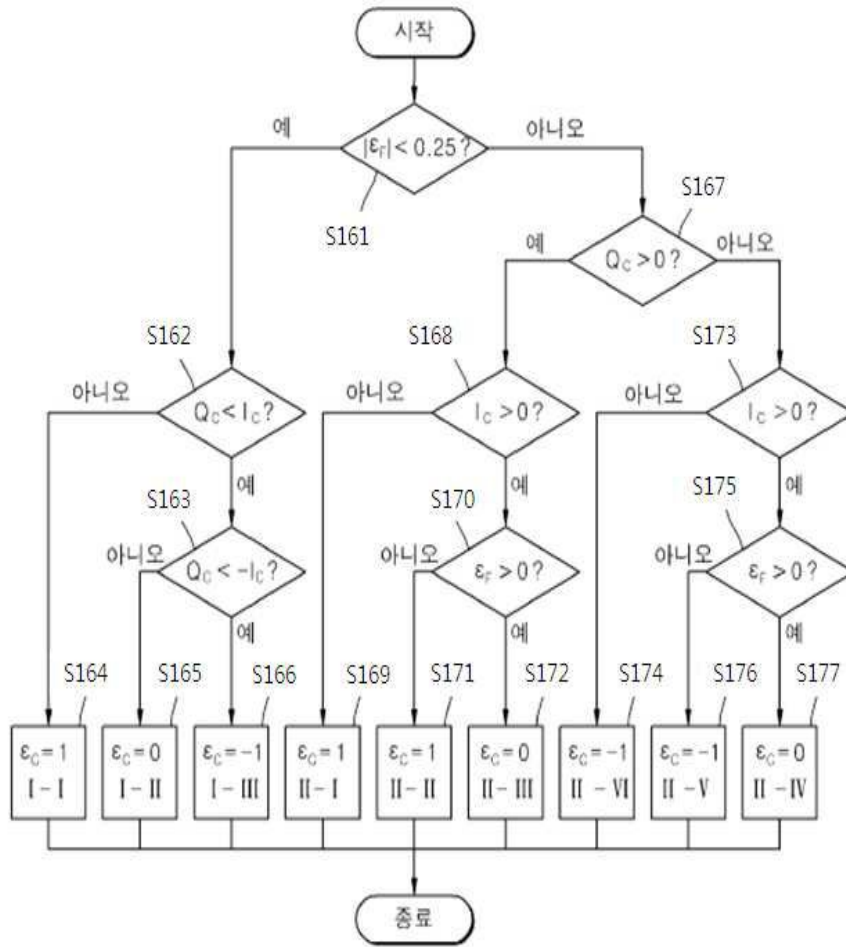
도면9



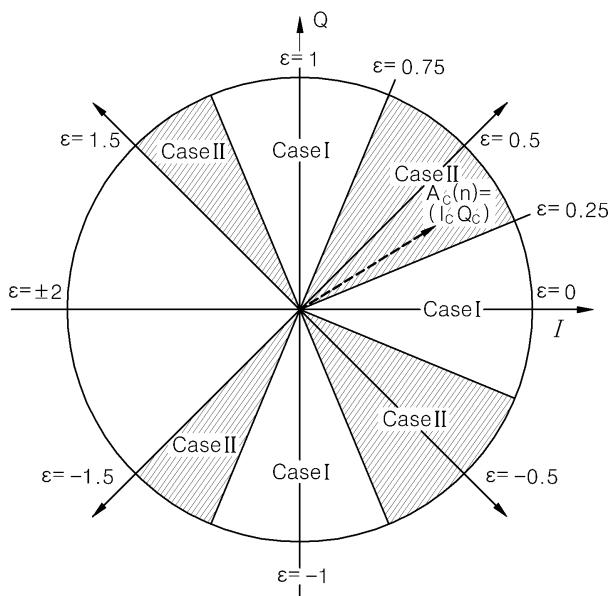
도면10



도면11



도면12



도면13

