



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0064459
(43) 공개일자 2010년06월15일

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01) H04J 11/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0122903

(22) 출원일자 2008년12월05일

심사청구일자 2008년12월05일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제 캠퍼스내

(72) 발명자

김진상

경기도 용인시 수지구 죽전1동 반도보라빌
104-803

조종민

경기도 안양시 만안구 박달2동 114번지 한라비발
디아파트 101동 1703호

조원경

경기도 수원시 영통구 영통동 살구골 성지아파트
713-1003

(74) 대리인

서재승

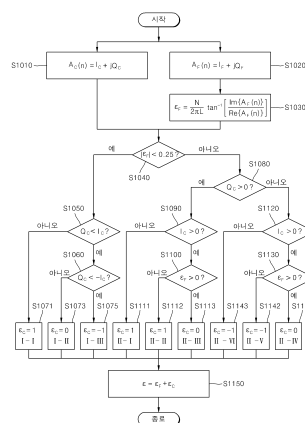
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법

(57) 요약

본 발명은 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 관한 것으로서, OFDM 기반 WLAN 시스템의 프리앰블은 쇼트 트레이닝 심볼(STS)과 롱 트레이닝 심볼(LTS)을 포함하며, 본 발명에 따른 방법은 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_S(n)$)을 계산하는 단계와, 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_L(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)을 계산하는 단계 및 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_S(n)$)값으로부터 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부를 도출하는 단계를 포함하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법이 제공된다.

대표도 - 도10



특허청구의 범위

청구항 1

OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 있어서, 상기 OFDM 기반 WLAN 시스템의 프리앰블은 쇼트 트레이닝 심볼(STS)과 롱 트레이닝 심볼(LTS)을 포함하며,

상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)을 계산하는 단계;

상기 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_f(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_f)을 계산하는 단계; 및

상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)의 크기를 비교하여, 상기 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하는 단계는,

$Q_c > I_c$ 이고, $Q_c > -I_c$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 1로 결정되며,

$Q_c < I_c$ 이고, $Q_c > -I_c$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 0로 결정되고,

$Q_c < I_c$ 이고, $Q_c < -I_c$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 -1로 결정되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 3

OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 있어서, 상기 OFDM 기반 WLAN 시스템의 프리앰블은 쇼트 트레이닝 심볼(STS)과 롱 트레이닝 심볼(LTS)을 포함하며,

상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)을 계산하는 단계;

상기 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_f(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_f)을 계산하는 단계; 및

상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_f)의 부호를 비교하여, 상기 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하는 단계는,

$Q_c > 0$, $I_c < 0$ 및 $\epsilon_f > 0$ 이거나, $Q_c > 0$, $I_c > 0$ 및 $\epsilon_f < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프

셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 1로 결정되며,

$Q_c > 0$, $I_c > 0$ 및 $\epsilon_F > 0$ 이거나, $Q_c < 0$, $I_c > 0$ 및 $\epsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 0으로 결정되며,

$Q_c < 0$, $I_c > 0$ 및 $\epsilon_F > 0$ 이거나, $Q_c < 0$, $I_c < 0$ 및 $\epsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 -1로 결정되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 5

OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 있어서, 상기 OFDM 기반 WLAN 시스템의 프리앰블은 쇼트 트레이닝 심볼(STS)과 롱 트레이닝 심볼(LTS)을 포함하며,

상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)을 계산하는 단계;

상기 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하기 위하여 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 단계를 포함하며,

상기 제1 영역 분리 기법은 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하며,

상기 제2 영역 분리 기법은 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)의 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부를 도출하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 단계는,

상기 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_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 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제1 영역 분리 기법은,

$Q_c > I_c$ 이고, $Q_c > -I_c$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 1로 결정되며,

$Q_c < I_c$ 이고, $Q_c > -I_c$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 0로 결정되고,

$Q_c < I_c$ 이고, $Q_c < -I_c$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_c)의 정수부는 -1로 결정되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프

셋 추정 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 제2 영역 분리 기법은,

$Q_c > 0$, $I_c < 0$ 및 $\varepsilon_F > 0$ 이거나, $Q_c > 0$, $I_c > 0$ 및 $\varepsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 1로 결정되며,

$Q_c > 0$, $I_c > 0$ 및 $\varepsilon_F > 0$ 이거나, $Q_c < 0$, $I_c > 0$ 및 $\varepsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 0으로 결정되며,

$Q_c < 0$, $I_c > 0$ 및 $\varepsilon_F > 0$ 이거나, $Q_c < 0$, $I_c < 0$ 및 $\varepsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 -1로 결정되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반송파 주파수 오프셋 추정 방법은,

상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)과 상기 도출된 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 조합하여, 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 영역 분리 기법을 사용하여 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부를 도출함으로써, 아크탄젠트 연산 회수를 감소시켜 낮은 복잡성을 갖는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 도 1에는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 PPDU(Packet Protocol Data Unit) 포맷이 도시된다. OFDM은 주파수 선택적 페이딩 채널에 대하여 높은 데이터 전송율을 지원하므로, IEEE 802.11a/g/n 표준과 같은 WLAN과 같은 다양한 애플리케이션의 전송 기술로 활용된다. 그러나 OFDM 시스템의 결정적인 단점은 반송파 주파수 오프셋에 민감하다는 것이다. OFDM에서 반송파 주파수 오프셋의 효과는 서브캐리어들 간의 직교성 손실이며, 그 결과 캐리어간 간섭(ICI)에 의해 야기된 심각한 성능 저하를 가져온다. 그러므로 효율적인 반송파 주파수 오프셋 방법의 개발은 OFDM 시스템의 동기화에 매우 중요하다.

[0003] 또한, IEEE 802.11n과 같은 MIMO-OFDM 기반 WLAN 시스템의 하드웨어 복잡성은 OFDM 기반의 현재 WLAN 시스템보다 훨씬 더 크기 때문에, 반송파 주파수 오프셋 추정의 낮은 복잡성을 갖는 알고리즘은 성능을 저하시키지 않으면서 하드웨어 복잡성을 감소시키기 위하여 개발될 필요성이 있다.

[0004] IEEE 802.11a에서, 단지 하나의 반송파 주파수 오프셋 추정만으로는 레인지와 정확성이 제한되므로, 대략적 반송파 주파수 오프셋(Coarse CFO) 추정과 정밀 반송파 주파수 오프셋(Fine CFO) 추정 둘 다 요구된다. 2개의 추정에 대한 연산은 대부분 동일하며, 자기 상관 함수에 사용된 트레이닝 심볼의 길이만 상이하다. OFDM 시스템의 반송파 주파수 오프셋 추정 동안에, 아크탄젠트 연산은 룩업테이블(LUT)이나 코디네이티드 로테이션 디지털 컴퓨터(CORDIC) 기술을 사용하여 구현될 수 있다. 그러나 CORDIC 기반 알고리즘은 반복 습성으로 인한

긴 레턴시에 피해를 보기 때문에 고속 MIMO-OFDM의 구현에 적합하지 않으며, LUT 기반 접근은 CORDIC 기술 보다 계산은 빠른 반면 큰 메모리를 필요로 한다.

[0005] 한편, 종래 기술에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 따르면, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정과 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정은 자기 상관 출력 계산과 아크탄젠트 연산을 각각 수행하여 계산하였다. 그 다음에 두 오프셋 추정값을 조합함으로써 전체 반송파 주파수 오프셋 추정값을 도출하였다. 그 결과, 연산과정이 복잡한 아크탄젠트 연산을 2번 수행하게 되므로 알고리즘이 복잡해지고, 그로 인하여 하드웨어도 복잡해지는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 연산 과정이 복잡한 아크탄젠트 연산 과정을 절감시켜서 낮은 복잡성을 갖은 반송파 주파수 오프셋 추정 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제 해결수단

[0007] 본 발명의 예시적인 실시예에 따르면, OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 있어서, 상기 OFDM 기반 WLAN 시스템의 프리앰블은 쇼트 트레이닝 심볼(STS)과 롱 트레이닝 심볼(LTS)을 포함하며, 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_C(n)$)을 계산하는 단계; 상기 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)을 계산하는 단계; 및 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_C(n)$)값의 실수부(I_C)와 허수부(Q_C)의 크기를 비교하여, 상기 실수부(I_C)와 허수부(Q_C)간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부를 도출하는 단계를 포함하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법이 제공된다.

[0008] 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부를 도출하는 단계는 $Q_C > I_C$ 이고, $Q_C > -I_C$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부는 1로 결정되며, $Q_C < I_C$ 이고, $Q_C > -I_C$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부는 0로 결정되고, $Q_C < I_C$ 이고, $Q_C < -I_C$ 이면, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부는 -1로 결정된다.

[0009] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_C(n)$)을 계산하는 단계; 상기 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)을 계산하는 단계; 및 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_C(n)$)값의 실수부(I_C), 허수부(Q_C) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)의 부호를 비교하여, 상기 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부를 도출하는 단계를 포함하는 반송파 주파수 오프셋 추정 방법이 제공된다.

[0010] 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부를 도출하는 단계는 $Q_C > 0$, $I_C < 0$ 및 $\epsilon_F > 0$ 이거나, $Q_C > 0$, $I_C > 0$ 및 $\epsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부는 1로 결정되며, $Q_C > 0$, $I_C > 0$ 및 $\epsilon_F > 0$ 이거나, $Q_C < 0$, $I_C > 0$ 및 $\epsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부는 0으로 결정되며, $Q_C < 0$, $I_C > 0$ 및 $\epsilon_F > 0$ 이거나, $Q_C < 0$, $I_C < 0$ 및 $\epsilon_F < 0$ 일때, 상기 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부는 -1로 결정된다.

[0011] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_C(n)$)을 계산하는 단계; 상기 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)의 절대값의 크기에 따라, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부를 도출하기 위하여 제1 영역 분리 기법 또는 제2 영역 분리 기법을 선택하는 단계를 포함하며, 상기 제1 영역 분리 기법은 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_C(n)$)값의 실수부(I_C)와 허

수부(Q_c)간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출하며, 상기 제2 영역 분리 기법은 상기 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_f)의 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출한다.

[0012] 상기 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_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 선택한다.

[0013] 상기 반송파 주파수 오프셋 추정 방법은 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_f)과 상기 도출된 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 조합하여, 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 단계를 더 포함한다.

효 과

[0014] 본 발명에서와 같이, 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력을 이용하여 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부를 도출함으로써, 연산 과정이 복잡한 아크탄젠트 연산 회수를 절감시킬 수 있는 효과를 얻게 된다. 그 결과, OFDM 기반 WLAN 시스템에서 반송파 주파수 오프셋 추정 방법의 복잡성을 낮출 수 있으며, 그에 따른 하드웨어의 복잡성도 낮출 수 있는 효과를 얻게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 상세히 설명한다.

[0016] 도 2는 IEEE802.11a 표준에서 제시된 프리앰블 구조이다.

[0017] 도 2를 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.

[0018] 표준에서 전송된 중심 주파수 허용오차는 20(ppm)이다. 그러므로 송신기와 수신기 사이의 최대 오실레이터 오차는 40ppm이다. 이는 중심 주파수가 5.3GHz일 때, $40 \cdot 10^{-6} \cdot 5.3 \cdot 10^9 = 212\text{kHz}$ 이다. 두 반송파 주파수 오프셋 추정 즉, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정과 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정의 추정 범위는 각각 625kHz와 156.25kHz이다. 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정이 추정 범위 내에 정확한 반송파 주파수 오프셋값을 추정할 수 있더라도, 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정만으로 WLAN 시스템의 추정 요구 조건인 212kHz를 만족시킬 수는 없다. 그러므로 쇼트 트레이닝 심볼 기반의 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정을 사용하여 전체 반송파 주파수 오프셋의 정수부를 추정한다.

[0019] 서브캐리어 간격 즉, 312.5kHz에 의해 반송파 주파수 오프셋값을 정규화하면, 정규화된 반송파 주파수 오프셋값을 표현할 수 있으며, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정과 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정에 대한 최대 추정은 각각 ± 2.0 과 ± 0.5 가 된다.

[0020] WLAN과 같은 패킷 모드 기반 OFDM 시스템에서, 자기 상관은 반송파 주파수 오프셋값을 추정하기 위하여, 2개의 연속적인 트레이닝 심볼들 사이의 위상 차이를 계산하는데 사용되며, 2개의 반복된 트레이닝 심볼 사이의 자기 상관과 정규화된 반송파 주파수 오프셋 추정은 아래식에 의해서 획득된다.

[0021] [식 1]

$$A_x(n) = \sum_{k=0}^{L_x-1} r(n+k) \cdot r^*(n+k-L_x)$$

[0022]

[0023] [식 2]

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

[0024]

[0025] 여기서, N은 FFT(Fast Fourier Transform) 크기, 첨자 x는 C (대략적 반송파 주파수 오프셋 추정)와 F(정밀 반송파 주파수 오프셋 추정)을 각각 나타내며, L은 트레이닝 심볼의 길이이며, 본 실시예에서 $L_c=16$ 이고 L_F 는 64이다.

[0026]

대략적 반송파 주파수 오프셋 추정은 최종 반송파 주파수 오프셋의 정수부를 추정하고 보상하는데 이용된다. 본 발명에서는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값을 아크탄젠트 연산과정을 통하여 구하지 않고, 영역 분리 기법을 사용하여 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부를 도출하게 된다. 그리고 나서, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값과 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정값을 조합함으로써, 반송파 주파수 오프셋 보상 과정과 아크탄젠트 연산 과정을 회수를 종래 2번에서 1번으로 감소시킬 수 있게 된다. 다만, 정밀 반송파 주파수 오프셋 추정값과 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값은 비선형 조합이므로, 정규화된 반송파 주파수 오프셋 추정 레인지는 ± 1.5 로 감소하지만, 최대 가능 캐리어 주파수가 5.805GHz(U-NII밴드)일 때, 실제 최대 표준화된 CFO값은 0.75이므로, 이는 표준에서 요구한 반송파 주파수 오프셋값을 충분히 만족시킨다. 보다 상세한 설명은 이하의 실시예들을 참조하여 상술한다.

[0027]

도 3은 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)간의 크기 조건과 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부 값을 나타내는 표이며, 도 4는 도 3에 도시된 각 영역에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부 값을 나타낸 도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대한 흐름도이다.

[0028]

도 3 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법을 살펴보면, 우선 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)을 계산하는 과정을 수행한다(S510). 자기 상관 출력($A_c(n)$) 계산은 이하의 [식 3]을 이용하여 수행한다.

[0029]

[식 3]

$$A_c(n) = \sum_{k=0}^{L_c-1} r(n+k) \cdot r^*(n+k-L_c)$$

[0030]

[0031]

롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)을 계산하는 과정(S520, S530)을 수행하며, 계산은 이하의 [식 4]와 [식 5]를 이용한다.

[0032]

[식 4]

$$A_F(n) = \sum_{k=0}^{L_F-1} r(n+k) \cdot r^*(n+k-L_F)$$

[0033]

[0034]

[식 5]

$$\varepsilon_F = \frac{N}{2\pi L_F} \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}\{A_F(n)\}}{\text{Re}\{A_F(n)\}} \right]$$

[0035]

[0036] 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)의 크기를 비교(S540,

S550)하여, 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)간의 크기 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출하는 과정을 수행한다(S561, S563, S565).

[0037] 그리고 나서, 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)과 도출된 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 조합하여, 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산한다(S570).

[0038] 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출하는 과정을 보다 자세히 살펴보면, 우선 $Q_c < I_c$ 인지를 판단하는 과정을 수행한다(S540). 판단 결과, $Q_c > I_c$ 이고, $Q_c > -I_c$ 이면, I-I 영역에 해당되어 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 1로 결정된다(S561).

[0039] 만약, S540 과정에서 $Q_c < I_c$ 인를 만족하면, $Q_c > -I_c$ 를 만족하는지 판단한다(S550). 판단 결과, $Q_c > -I_c$ 를 만족하면, I-II 영역에 해당되어 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 0으로 결정된다(S563). 한편, 판단 결과, $Q_c < -I_c$ 를 만족하게 되면, I-III 영역에 해당되어 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 -1로 결정된다(S565).

[0040] 상기에서 살펴본 실시예에서와 같이, 쇼트 트레이닝 심볼(16샘플)에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)의 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)의 크기 비교를 통하여, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부를 도출하게 되면, 아크탄젠트 연산 회수를 종래 기술과 비교하여 절반으로 감소시킬 수 있게 되어, 반송파 주파수 오프셋 추정 알고리즘의 복잡성을 낮출 수 있게 된다.

[0041] 도 6은 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)의 부호 조건과 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부 값을 나타내는 표이며, 도 7는 도 6에 도시된 각 영역에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부 값을 나타낸 도이고, 도 8는 본 발명의 다른 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대한 흐름도이다.

[0042] 도 6 내지 도 8을 참조하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법을 살펴보면, 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)을 계산하는 과정을 수행한다(S810). 자기 상관 출력($A_c(n)$) 계산은 상기 [식 3]을 이용하여 수행한다.

[0043] 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)을 계산하는 과정(S820, S830)을 수행하며, 계산은 상기의 [식 4]와 [식 5]를 이용한다.

[0044] 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)의 부호를 비교한다(S840, S851, S855, S861, S865). 그 다음에 부호 조건에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출하는 과정을 수행한다(S871~S876).

[0045] 그리고 나서, 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)과 상기 도출된 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 조합하여, 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 과정을 수행한다(S880).

[0046] 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출하는 과정을 보다 상세히 살펴보면, 우선 $Q_c > 0$ 을 만족시키는지 판단하는 과정을 수행한다(S840). 판단 결과, $Q_c > 0$ 를 만족하면, $I_c > 0$ 를 만족하는지 판단한다(S851). S851과정을 통하여 판단한 결과, $I_c < 0$ 이면, II-I 영역에 해당되어 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부는 1로 결정된다(S871).

[0047] 한편, S851과정을 통하여 판단한 결과, $I_c > 0$ 이면, 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F) > 0 를 만족하는지 판단한다(S861). 판단 결과, $\varepsilon_F > 0$ 이면 II-III영역에 해당되어, ε_c 의 정수부는 0으로 결정되며(S873), $\varepsilon_F < 0$ 이면 II-II영역에 해당되어, ε_c 의 정수부는 1으로 결정된다(S872).

- [0048] S840 과정의 판단 결과, $Q_c < 0$ 일 경우에는 $I_c > 0$ 를 만족하는지 판단한다(S855). S855과정을 통하여 판단한 결과, $I_c < 0$ 이면 II-VI영역에 해당되어 ε_c 의 정수부는 -1로 결정된다(S876).
- [0049] 한편, S855과정을 통하여 판단한 결과, $I_c > 0$ 이면, $\varepsilon_F < 0$ 를 만족하는지 판단한다(S865). 판단 결과, $\varepsilon_F < 0$ 이면 II-IV영역에 해당되어, ε_c 의 정수부는 0으로 결정되며(S874), $\varepsilon_F > 0$ 이면 II-V영역에 해당되어, ε_c 의 정수부는 -1로 결정된다(S875).
- [0050] 본 실시예에서와 같이, 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력 ($A_c(n)$)의 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)의 부호 비교를 통하여, 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부를 도출하게 되면, ε_c 를 계산하기 위한 아크탄젠트 연산과정을 생략할 수 있게 된다. 그 결과, 연산 과정이 복잡한 아크탄젠트 연산 회수를 종래 기술과 비교하여 절반으로 감소시킬 수 있게 되어, 복잡성을 낮출 수 있게 된다.
- [0051] 도 9는 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법의 적용 범위를 도식적으로 나타낸 도이며, 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대한 흐름도이다. 본 실시예는 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법을 사용하여, 전체 CFO 추정 영역(± 1.5)을 2 부분으로 구분하여 수행하는 실시예이다.
- [0052] 도 9 및 도 10을 참조하면, 우선 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)을 계산하는 과정을 수행한다(S1010). 롱 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_F(n)$) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)을 계산하는 과정을 수행한다(S1020, S1030)
- [0053] 계산된 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)의 절대값의 크기가 0.25보다 작은 경우에는 제1 영역 분리 기법을 선택하고, 절대값의 크기가 0.25보다 큰 경우에는 상기 제2 영역 분리 기법을 선택한다(S1040). 이때, 제1 영역 분리 기법은 도 3 내지 도 5에 도시된 실시예에서 상술된 ε_c 의 정수부를 도출하기 위한 방법을 의미한다. 즉, 제1 영역 분리 기법에 의하면, 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c)와 허수부(Q_c)간의 크기를 비교하고, 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출한다.
- [0054] 한편, 제2 영역 분리 기법은 도 6 내지 도 8에 도시된 실시예에서 상술된 ε_c 의 정수부를 도출하기 위한 방법으로서, 제2 영역 분리 기법에 의하면 쇼트 트레이닝 심볼에 대한 자기 상관 출력($A_c(n)$)값의 실수부(I_c), 허수부(Q_c) 및 상기 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)의 부호를 비교하고, 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 도출한다.
- [0055] 그리고 나서, 정밀 반송파 오프셋 추정값(ε_F)과 상기 도출된 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ε_c)의 정수부를 조합하여, 최종 반송파 주파수 오프셋 추정값을 계산하는 과정을 수행한다(S1150).
- [0056] 본 발명의 일 실시예(도 3 내지 도 5)의 경우, 반송파 주파수 오프셋 추정의 정수값은 낮은 SNR 하에서 경계($\varepsilon = \pm 0.5$) 근처에서는 오차에 민감할 수 있다. 또한, 본 발명의 다른 실시예(도 6 내지 도 8)의 경우, 낮은 SNR 하에서 I, Q 축($\varepsilon = 0$ 및 ± 1.0) 근처에서는 정수값 오차에 민감할 수 있다. 그러므로 두 가지 케이스 즉, 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법을 사용하여, 전체 CFO 추정 영역(± 1.5)을 2 부분으로 구분하여 수행하면, 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부 오차를 감소시킬 수 있다.
- [0057] 도 11은 본 발명과 종래 기술에 따른 MSE 성능 대 정규화 반송파 주파수 오프셋을 나타낸 도이고, 도 12는 본 발명과 종래 기술에 따른 MSE 성능을 나타낸 도이다.
- [0058] 종래 기술 및 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법은 반송파 주파수 오프셋 추정값의 정수부를 추정하기 위하여 경계를 사용하므로, 낮은 SNR(0dB)하에서 두 알고리즘의 성능은 각 경계 근처(즉, 종래기술의 경우 0, ± 0.5 , ± 1 , 본 발명의 경우 ± 0.25 , ± 0.75 , ± 1.25)에서 열화됨을 알 수 있다. 이는 두 방법 성능은 반송파 주파수 오프셋의 추정값에 의존하는 것을 의미한다.

[0059] 따라서, 종래 기술과 본 발명의 성능을 비교하기 위하여, 도 12에 도시된 바와 같이 MSE값이 사용된다. 낮은 SNR에서 본 발명에 따른 방법은 종래 기술 보다 대략 0.5dB 정도 성능이 우수한 것을 알 수 있다.

[0060] 또한, 본 발명에 따르면 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정과 보상 프로세스 동안에 아크탄젠트 연산을 생략시킨다. 아크탄젠트 연산의 생략 효과는 구현 방법 선택에 의존하게 되는데, CORDIC 프로세서를 사용할 경우에는 레턴시가 감소하게 되며, LUT를 사용할 때에는 추정 레인지가 감소하기 때문에 LUT 크기를 감소시킬 수 있게 된다.

[0061] 이상에서 설명한 것은 본 발명에 따른 OFDM 기반 WLAN 시스템에서 영역 분리 기법을 이용한 반송파 주파수 오프셋 추정 방법의 예시적인 실시예에 불과한 것으로서, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 않고, 이하의 특허청구범위에서 청구하는 바와 같이, 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변경 실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0062] 도 1은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 PPDU (Packet Protocol Data Unit) 포맷을 도시한 도이다.

[0063] 도 2는 IEEE802.11a 표준에서 제시된 프리앰블 구조이다.

[0064] 도 3은 실수부(I_C)와 허수부(Q_C)간의 크기 조건과 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부 값을 나타내는 표이다.

[0065] 도 4는 도 3에 도시된 각 영역에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부 값을 나타낸 도이다.

[0066] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대한 흐름도이다.

[0067] 도 6은 실수부(I_C), 허수부(Q_C) 및 정밀 반송파 오프셋 추정값(ϵ_F)의 부호 조건과 그에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부 값을 나타내는 표이다.

[0068] 도 7은 도 6에 도시된 각 영역에 상응하는 대략적 반송파 주파수 오프셋 추정값(ϵ_C)의 정수부 값을 나타낸 도이다.

[0069] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대한 흐름도이다.

[0070] 도 9는 제1 영역 분리 기법과 제2 영역 분리 기법의 적용 범위를 도식적으로 나타낸 도이다.

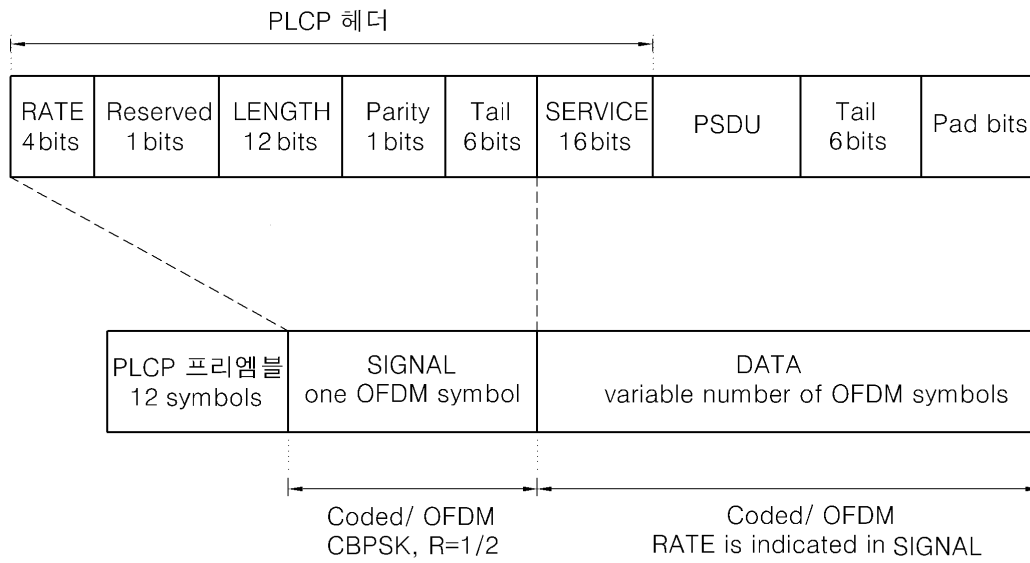
[0071] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대한 흐름도이다.

[0072] 도 11은 본 발명과 종래 기술에 따른 MSE 성능 대 정규화 반송파 주파수 오프셋을 나타낸 도이다.

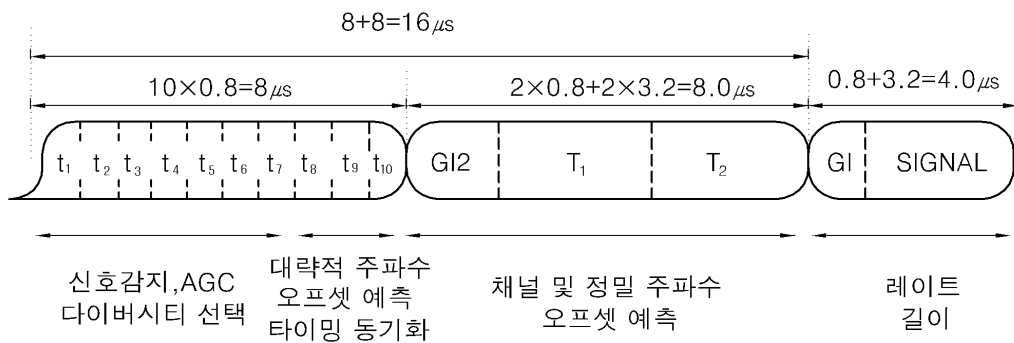
[0073] 도 12는 본 발명과 종래 기술에 따른 MSE 성능을 나타낸 도이다.

도면

도면1



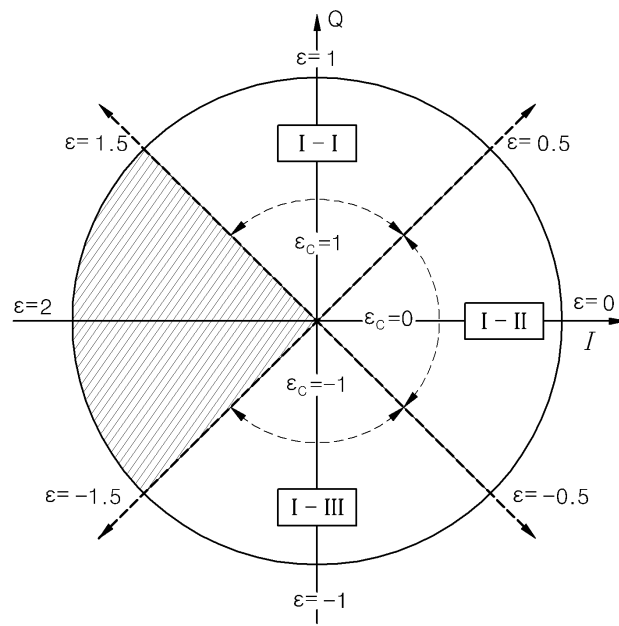
도면2



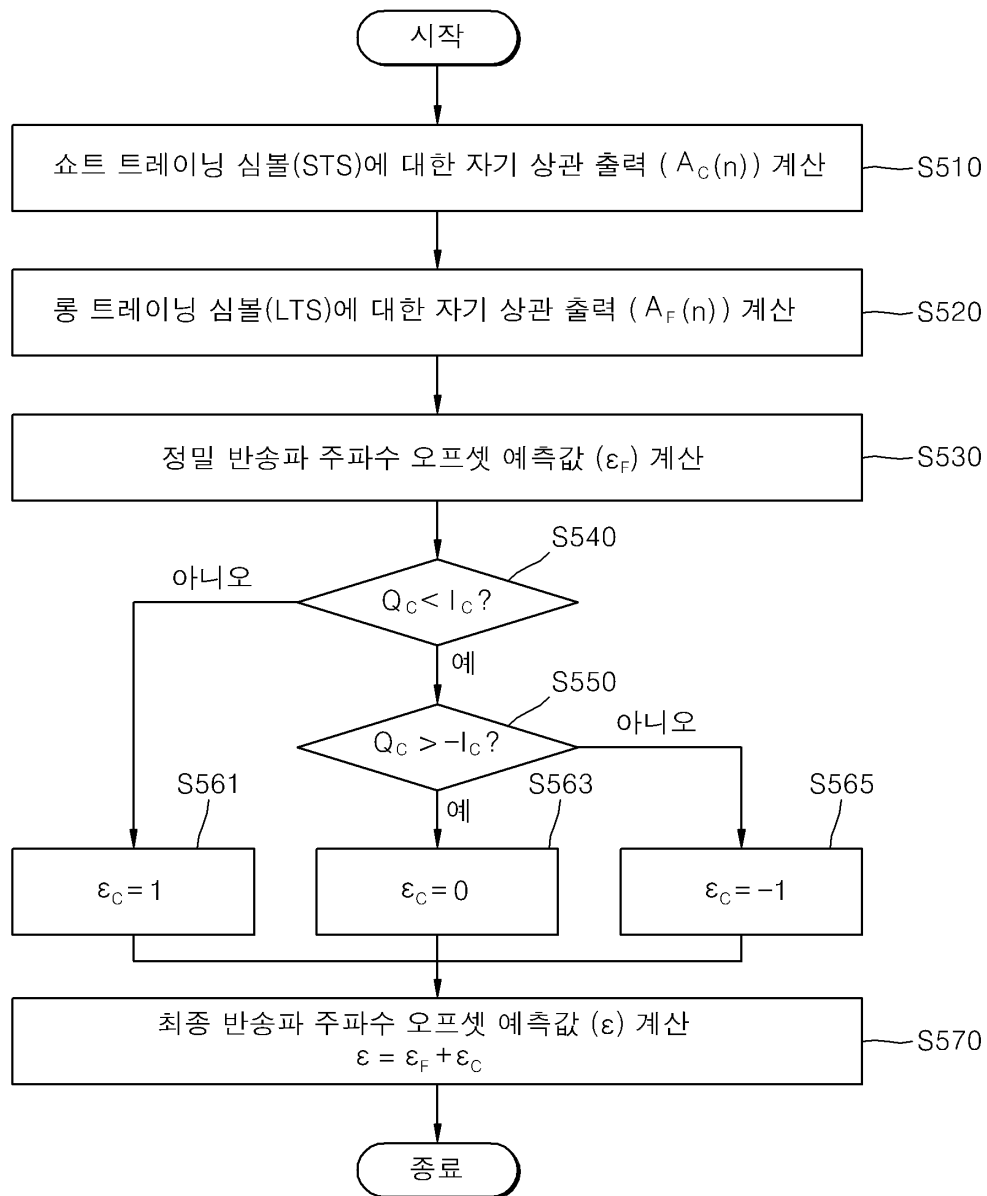
도면3

영역	조건	ε_c
I - I	$Q_c > I_c, Q_c > -I_c$	1
I - II	$Q_c < I_c, Q_c > -I_c$	0
I - III	$Q_c < I_c, Q_c < -I_c$	-1

도면4



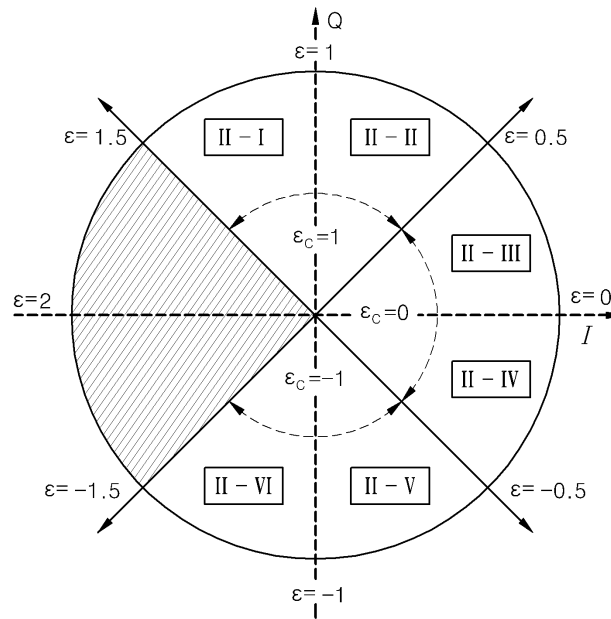
도면5



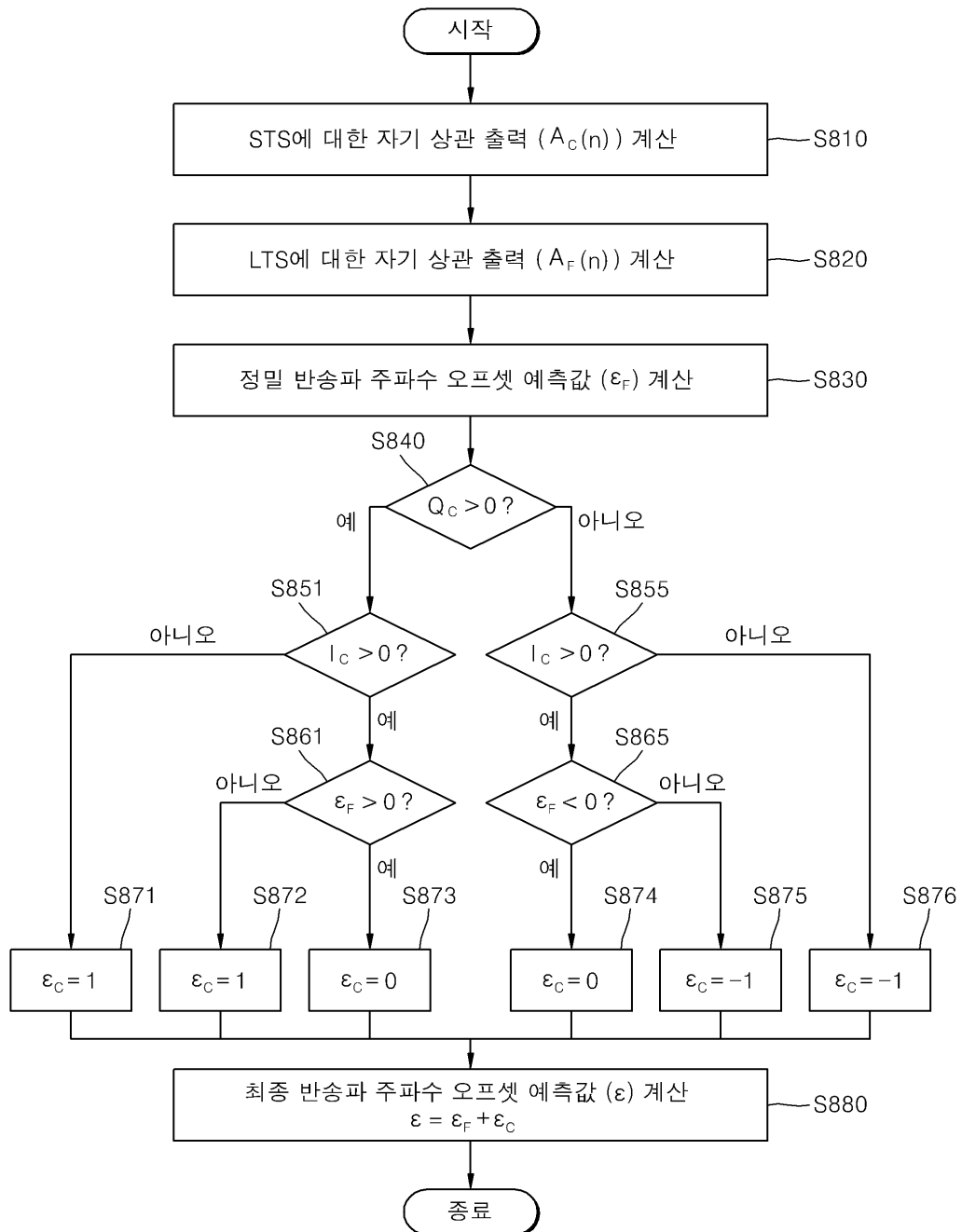
도면6

영역	조건	ϵ_C
II - I	$I_C < 0, Q_C > 0, \epsilon_F > 0$	1
II - II	$I_C > 0, Q_C > 0, \epsilon_F < 0$	1
II - III	$I_C > 0, Q_C > 0, \epsilon_F > 0$	0
II - IV	$I_C > 0, Q_C < 0, \epsilon_F < 0$	0
II - V	$I_C > 0, Q_C < 0, \epsilon_F > 0$	-1
II - VI	$I_C < 0, Q_C < 0, \epsilon_F < 0$	-1

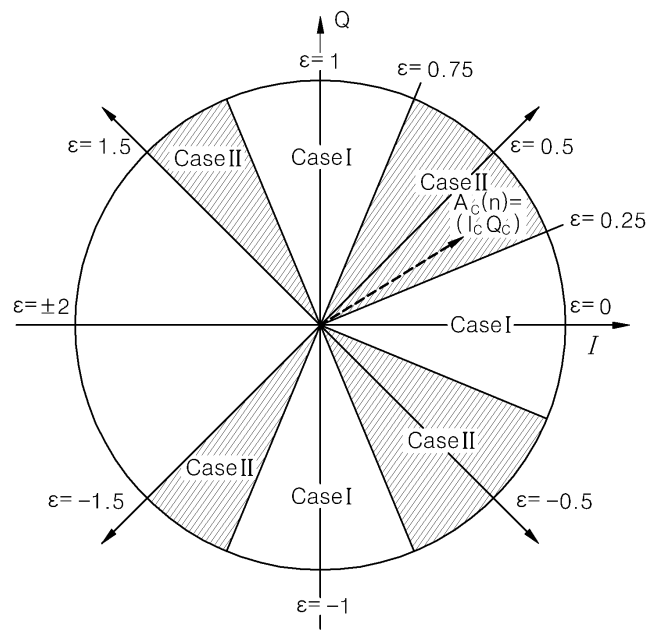
도면7



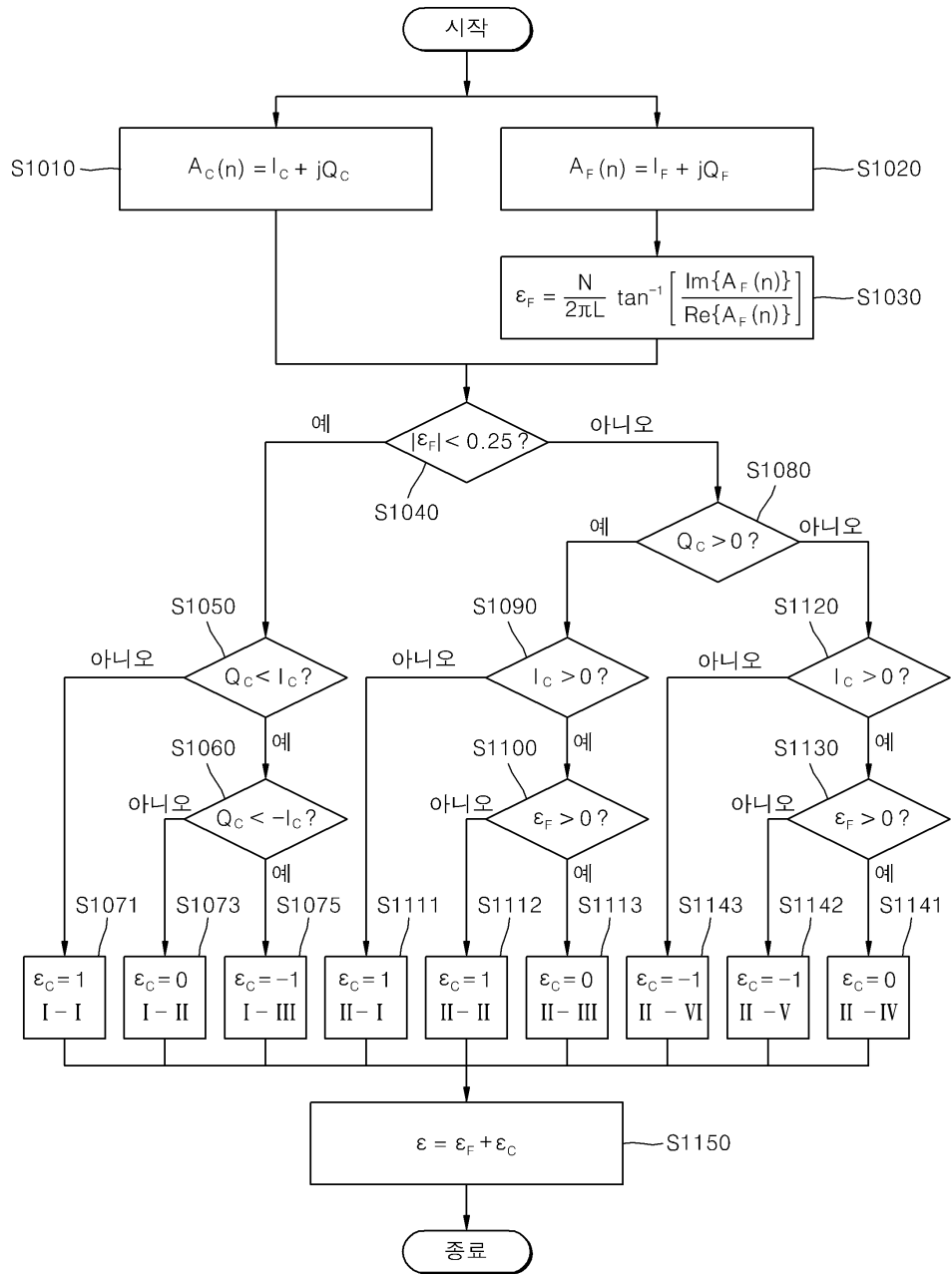
도면8



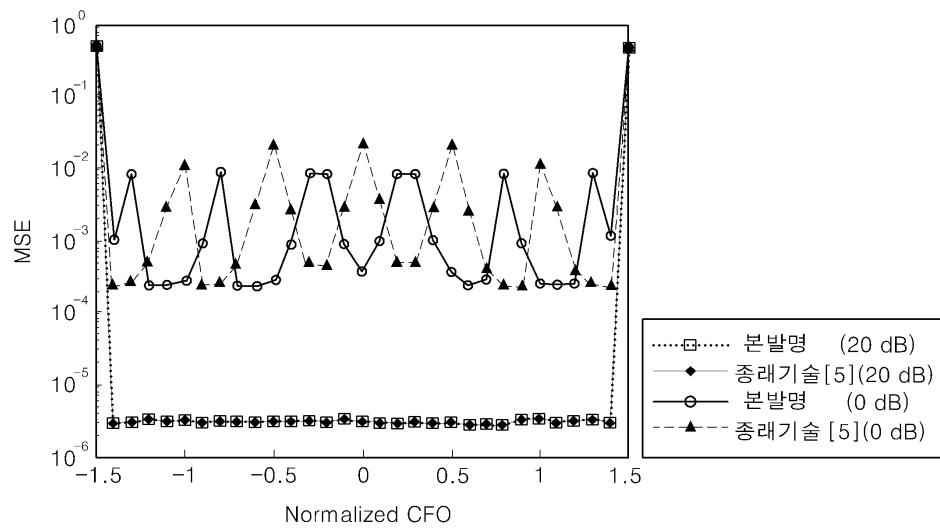
도면9



도면10



도면11



도면12

