(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년12월03일
(11) 등록번호 10-0929705
(24) 등록일자 2009년11월25일

(51) Int. Cl.
H04L 27/26 (2006.01) *H04L 7/00* (2006.01)
H04B 7/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0057035
(22) 출원일자 2008년06월17일
심사청구일자 2008년06월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060036086 A
US20040105512 A1

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
김진상
경기도 용인시 수지구 죽전1동 반도보라빌 104-803
조종민
경기도 안양시 만안구 박달2동 114번지 한라비발디아파트 101동1703호
조원경
경기도 수원시 영통구 영통동 살구골 성지아파트 713-1003
(74) 대리인
장한특허법인

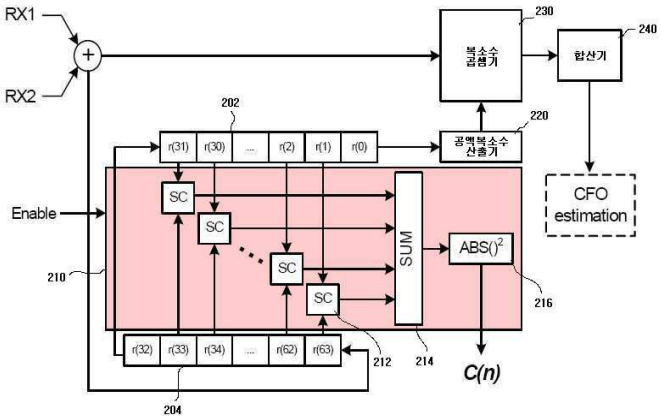
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 박부식

(54) 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치

(57) 요 약

본 발명은 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치에 관한 것으로서, IEEE 802.11n 드래프트 표준의 HT mixed mode의 프리앰블 포맷에 따른 짧은 훈련 심볼(Legacy Short Training Symbol)을 이용하여 수신신호의 자기상관함수를 산출하는 자기상관함수 산출기와, 상기 자기상관함수 산출기의 출력값을 합산하는 덧셈기와, 상기 덧셈기에서 합산된 상기 자기상관 함수의 합산값에서 평탄면을 제거하여 저정밀시간동기 함수를 출력하는 감산기를 갖는 저정밀시간동기 추정기와; 상기 프리앰블 포맷에 따른 공액복소수 대칭 특성을 갖는 긴 훈련 심볼(Legacy Long Training Symbol)이 저장되는 레지스터와, 상기 레지스터에 저장된 상기 긴 훈련 심볼들의 부호를 비교하여 정밀시간동기 함수를 산출하는 비교부를 갖는 정밀시간동기 추정기와; 상기 저정밀시간동기 추정기에서 출력된 상기 저정밀시간동기 함수에 기초하여 검색구간 윈도우를 설정하고, 상기 검색구간 윈도우 내에서 상기 정밀시간동기 함수값의 최대값을 탐색하여 시간동기를 획득하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 의해, 동기화 수행을 위한 연산량을 감소시키는 한편, 정확한 시간동기화를 수행할 수 있으며, 구현 측면에서 복잡도를 감소시킬 수 있다.

대 표 도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

IEEE 802.11n 드래프트 표준의 HT mixed mode의 프리앰블 포맷에 따른 짧은 훈련 심볼(Legacy Short Training Symbol)을 이용하여 수신신호의 자기상관함수를 산출하는 자기상관함수 산출기와, 상기 자기상관함수 산출기의 출력값을 합산하는 덧셈기와, 상기 덧셈기에서 합산된 상기 자기상관 함수의 합산값에서 평탄면을 제거하여 저정밀시간동기 함수를 출력하는 감산기를 갖는 저정밀시간동기 추정기와;

상기 프리앰블 포맷에 따른 공액복소수 대칭 특성을 갖는 긴 훈련 심볼(Legacy Long Training Symbol)이 저장되는 레지스터와, 상기 레지스터에 저장된 상기 긴 훈련 심볼들의 부호를 비교하여 정밀시간동기 함수를 산출하는 비교부를 갖는 정밀시간동기 추정기와;

상기 저정밀시간동기 추정기에서 출력된 상기 저정밀시간동기 함수에 기초하여 검색구간 윈도우를 설정하고, 상기 검색구간 윈도우 내에서 상기 정밀시간동기 함수값의 최대값을 탐색하여 시간동기를 획득하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 저정밀시간동기 추정기의 자기상관함수 산출기는,

상기 수신신호를 소정시간 지연시키는 지연기와;

상기 지연기를 통해 지연된 신호의 공액복소수를 산출하는 공액복소수 산출기와;

상기 산출된 공액복소수와 상기 수신신호를 곱하는 복소수 곱셈기와;

상기 복소수 곱셈기에 의해 산출된 각 곱셈값을 합산하는 합산기와;

상기 합산된 값의 절대값을 제곱하여 자기상관함수를 출력하는 절대값 제곱함수 산출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 자기상관함수는 다음의 수식의 형태로 출력되는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

$$R^j(n) = \left| \sum_{k=0}^{L-1} r(n+k) r^*(n+k-L_s) \right|^2$$

여기서, R은 자기상관(autocorrelation)함수, r은 수신신호, n은 자기 상관 함수의 인덱스, L은 짧은 훈련 심볼의 길이, Ls는 심볼 지연 시간, * 는 공액복소수, j는 수신 안테나의 인덱스이다.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 저정밀시간동기 추정기의 감산기는,

다음의 제1수식을 이용하여 자기상관함수를 합산하고

다음의 제2수식을 이용하여 합산된 자기상관함수의 평탄면을 제거하는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

제1수식 : $$R(n)=\sum_{j=0}^{M}R^{j}(n),$$ (여기서, M은 수신 안테나의 총 개수이다)

제2수식 : $$A(n)=\sum_{i=0}^{W_d-1}\{R(n-i-16)-R(n-i)\},$$ (여기서, A(n)은 저정밀시간동기 함수이고, Wd는 윈도우 사이즈이다.)

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 정밀시간동기 추정기의 비교부는,

상기 레지스터에 저장된 긴 훈련 심볼의 부호를 비교하기 위한 복수개의 부호 비교기와;

상기 부호 비교기의 출력값을 합산하기 위한 덧셈기와;

상기 덧셈기를 통해 합산된 값의 절대값을 제곱하여 정밀시간동기 함수를 출력하는 절대값 제곱함수 산출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 부호 비교기는,

상기 정밀시간동기 추정기가 최대값을 갖는 지점에서의 수신신호 및 지연된 수신신호의 부호값이 저장된 룩업 테이블(lookup table)을 포함하고, 상기 레지스터에 저장된 긴 훈련 심볼의 부호가 상기 룩업 테이블의 조건을 만족시키는지 여부에 따라 결과값을 출력하는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 정밀시간동기 함수는 다음의 수식의 형태로 출력되는 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

$$C(n)=\left|\sum_{k=0}^{N/2-1}r(n+k)r(n-k)\right|^{2}$$

여기서, C(n)은 정밀시간동기 함수, N은 긴 훈련 심볼 길이, r은 수신신호, n은 자기상관함수의 인덱스이다.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제어부는,

수식 $$T_{Fine}=\arg\max_{n\in W_f}\{C(n)\}$$ 을 이용하여 상기 정밀시간동기 함수의 함수값의 최대값을 탐색하며, 상기 수식에서, Wf는 상기 저정밀시간동기 함수를 통해서 얻을 수 있는 최대값 지점의 검색구간 윈도우인 것을 특징으로 하는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, MIMO-OFDM(Multiple Input Multiple Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반 차세대 무선 LAN 시스템의 IEEE 802.11n 드래프트 표준에 따라 HT(High Throughput) Mixed Mode로 동작하는 경우, 시간동기 획득을 위한 연산량을 감소시켜 고속 처리가 가능하고 시간동기 오류를 감소시킬 수 있으며, 구현 시 복잡도를 감소시킬 수 있는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 무선 네트워크에 관한 표준 규격으로는 IEEE(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)802.11 등을 들 수 있다.

<3> 예를 들면 IEEE802.11a/g는 무선 LAN의 표준 규격으로서, 멀티 캐리어 방식의 하나인 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 직교 주파수 분할 다중) 변조 방식을 적용하고 있다. IEEE802.11a/g의 규격에서는 최대로 54Mbps의 통신 속도를 지원하나, 대용량 데이터의 수요가 증가하면서 더 높은 데이터 전송률이 요구되고 있다.

<4> 이에, 통신 속도의 향상을 위해, IEEE802.11a/g의 확장 규격인 IEEE802.11n에 대한 표준화가 진행되고 있다. IEEE802.11n은 높은 데이터 전송률을 보장하기 위해, 다중 입력 다중 출력(Multiple-Input Multiple-Output : 이하 'MIMO'라 칭함) 시스템에 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 직교주파수분할 다중) 변조 방식을 적용하고 있다. MIMO 시스템은 송신기측과 수신기측의 쌍방에서 복수의 안테나 소자를 구비하고, 공간 다중화된 복수의 공간 스트림을 이용하여, 다중경로 페이딩 무선채널 환경에서 높은 데이터 전송율과 대역폭 효율성을 얻을 수 있다. 또한, IEEE802.11n은 변조 방식이나 부호화 방식 등의 전송 방식(Modulation and Coding Scheme :MCS)을 IEEE802.11a/g와는 달리하여, 고(高) 스루풋(High Throughput : HT) 전송을 실현한다.

<5> 그런데, IEEE 802.11n 표준에 MIMO-OFDM 시간동기화를 위해 직교성을 갖는 새로운 구조의 프리앰블을 적용할 경우, 기존의 IEEE802.11a/g 방식의 무선 LAN 장비들과의 호환성을 제공할 수 없다. 이에, IEEE 802.11n 드래프트 표준에서는 기존 장비와의 호환성을 위해 3가지 모드를 제공하여 각 모드에서 사용되는 프리앰블을 정의하고 있다. IEEE 802.11n 드래프트 표준에서 제시하는 모드로는, 기존 무선랜의 프리앰블과 같은 Non-HT 모드(레거시(Legacy) 모드), 레거시 프리앰블과 HT(High Throughput) 프리앰블이 결합되어 있는 HT mixed mode, 높은 데이터 전송률을 위한 HT Greenfield 모드로 구성되어있다.

<6> 여기서, HT mixed mode에서는 패킷의 헤더에, IEEE802.11a/g와 완전히 같은 포맷으로 이루어지는 프리앰블(이하에서는, 레거시·프리앰블(legacy preamble)이라 함)과, IEEE802.11n 특유의 프리앰블(이하에서는, HT 프리앰블이라 함)을 결합하여 사용함으로써, IEEE802.11a/g 규격에 따른 통신 단말과도 통신이 가능하도록 하고 있다.

<7> 한편, MIMO 시스템에서 통신에서는 다른 공간 스트림을 통하여 동일 또는 유사한 신호가 전송될 때에, 의도하지 않은 빔이 형성된다는 문제가 있다. 이에, IEEE802.11n에서는 송신기가 각 송신 안테나를 통해 시간차(Cyclic Shift)를 두고 신호를 송신하도록 하고 있다. 이에 따라, HT mixed mode로 동작하는 경우, 전송 패킷의 레거시 프리앰블 부분과, HT 프리앰블 부분의 각각에 대해 송신 안테나 사이의 Cyclic Shift 값이 규정되어 있다.

<8> 따라서, HT mixed mode에서는 cyclic shift가 적용되어 각각의 송신 안테나에서 시프트 된 프리앰블이 전송되기 때문에 수신측 안테나에서 기존의 무선 LAN 시스템에서 사용되던 상호상관(cross-correlation) 기반의 시간동기화 기법을 사용할 경우 다수의 피크 값이 검출되어 시간동기화 과정에서 동기화 실패확률이 증가하고 시스템 성능이 저하되는 문제점이 있다.

<9> 또한, 상호상관 기반의 시간동기화 연산을 위해서는 다수개의 곱셈기를 이용해야 하므로 하드웨어 구성이 복잡해지는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<10> 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 안출 된 것으로서, MIMO-OFDM 기반 차세대 무선 LAN 시스템의 IEEE 802.11n 드래프트 표준에 따라 HT(High Throughput) mixed mode로 동작하는 경우, 시간동기 획득을 위한 연산량을 감소시켜 고속 처리를 가능케 하는 한편, 시간동기 오류를 감소시킬 수 있으며, 구현 시 복잡도를 감소시

킬 수 있는 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치를 제공함에 그 목적이 있다.

과제 해결수단

<11> 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치는, IEEE 802.11n 드래프트 표준의 HT mixed mode의 프리앰블 포맷에 따른 짧은 훈련 심볼(Legacy Short Training Symbol)을 이용하여 수신신호의 자기상관함수를 산출하는 자기상관함수 산출기와, 상기 자기상관함수 산출기의 출력값을 합산하는 덧셈기와, 상기 덧셈기에서 합산된 상기 자기상관 함수의 합산값에서 평탄면을 제거하여 저정밀시간동기 함수를 출력하는 감산기를 갖는 저정밀시간동기 추정기와; 상기 프리앰블 포맷에 따른 공액복소수 대칭 특성을 갖는 긴 훈련 심볼(Legacy Long Training Symbol)이 저장되는 레지스터와, 상기 레지스터에 저장된 상기 긴 훈련 심볼들의 부호를 비교하여 정밀시간동기 함수를 산출하는 비교부를 갖는 정밀시간동기 추정기와; 상기 저정밀시간동기 추정기에서 출력된 상기 저정밀시간동기 함수에 기초하여 검색구간 윈도우를 설정하고, 상기 검색구간 윈도우 내에서 상기 정밀시간동기 함수값의 최대값을 탐색하여 시간동기를 획득하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<12> 여기서, 상기 저정밀시간동기 추정기의 자기상관함수 산출기는, 수신신호를 소정시간 지연시키는 지연기와; 상기 지연기를 통해 지연된 신호의 공액복소수를 산출하는 공액복소수 산출기와; 상기 산출된 공액복소수와 수신신호를 곱하는 복소수 곱셈기와; 상기 각 곱셈값을 합산하는 합산기와; 상기 합산된 값의 절대값을 제곱하여 자기상관함수를 출력하는 절대값 제곱함수 산출기를 포함하는 것이 가능하다.

<13> 그리고, 상기 자기상관함수는 다음의 수식의 형태로 출력되는 것이 가능하다.

$$R^j(n) = \left| \sum_{k=0}^{L-1} r(n+k) r^*(n+k-L_s) \right|^2$$

<14>

<15> 여기서, R은 자기상관(autocorrelation)함수, r은 수신신호, n은 자기 상관 함수의 인덱스, L은 짧은 훈련 심볼의 길이, Ls는 심볼 지연 시간, * 는 공액복소수, j는 수신 안테나의 인덱스이다.

<16> 한편, 상기 저정밀시간동기 추정기의 감산기는, 다음의 수식을 이용하여 상기 합산된 자기상관함수의 평탄면을 제거하는 것이 가능하다.

$$A(n) = \sum_{i=0}^{W_d-1} \{R(n-i-16) - R(n-i)\},$$

<17>

<18> 여기서, A(n)은 저정밀시간동기 함수이고, Wd는 윈도우 사이즈이다.

<19> 그리고, 상기 정밀시간동기 추정기의 비교부는, 상기 레지스터에 저장된 긴 훈련 심볼의 부호를 비교하기 위한 다수개의 부호 비교기와; 상기 부호 비교기의 출력값을 합산하기 위한 덧셈기와; 상기 덧셈기를 통해 합산된 값의 절대값을 제곱하여 정밀시간동기 함수를 출력하는 절대값 제곱함수 산출기를 포함하는 것이 가능하다.

<20> 여기서, 상기 부호 비교기는, 상기 정밀시간동기 추정기가 최대값을 갖는 지점에서의 수신신호 및 지연된 수신신호의 부호값이 저장된 룩업 테이블(lookup table)을 포함하고, 상기 레지스터에 저장된 긴 훈련 심볼의 부호가 상기 룩업 테이블의 조건을 만족시키는지 여부에 따라 결과값을 출력하는 것이 바람직하다.

<21> 그리고, 상기 정밀시간동기 함수는 다음의 수식의 형태로 출력되는 것이 가능하다.

$$C(n) = \left| \sum_{k=0}^{N/2-1} r(n+k) r(n-k) \right|^2$$

<22>

<23> 여기서, C는 정밀시간동기 함수, N은 긴 훈련 심볼 길이이다.

$$T_{Fine} = \arg\max_{n \in W_f} \{C(n)\}$$

<24> 또한, 상기 제어부는, 수식 을 이용하여 상기 정밀시간동기 함수값의 최대값을 탐색하며, 상기 수식에서, Wf는 상기 저정밀시간동기 함수를 통해서 얻을 수 있는 최대값 지점의 검색구간 윈도우

인 것이 가능하다.

효 과

<25> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치는, IEEE 802.11n의 HT mixed mode 프리앰블의 짧은 훈련 심볼을 이용하여 저정밀시간동기를 획득하고 긴 훈련 심볼의 공액복소수 대칭 특성을 이용하여 정밀시간동기를 획득하도록 하고 있다. 이에, 저정밀시간동기 획득을 위해 자기상관 기반의 구조를 적용하여 복소수 곱셈기의 수를 감소시키는 한편, 정밀시간동기 획득을 위해 부호 비교기(Sign Comparator)를 이용하도록 설계하였다.

<26> 이에 따라, 동기화 수행을 위한 연산량을 감소시키는 한편, 정확한 시간동기화를 수행할 수 있으며, 구현 측면에서 복잡도를 감소시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<27> 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치에 대해서 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한 상세한 설명은 생략한다.

<28> 도 1은 본 발명에 따른 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치가 적용되는 IEEE 802.11n 표준안의 표현층 프로토콜 데이터 단위(PPDU) 프레임 포맷의 구조도로서, HT mixed mode에서 사용되는 PPDU 프레임 포맷을 예시한 것이다.

<29> HT mixed mode에서 사용되는 PPDU 프레임 포맷은, 레거시 프리앰블과 HT 포맷의 프리앰블 및 데이터(20)로 구성된다.

<30> 레거시 프리앰블은 패킷 발견을 위해 사용되는 L-STF(Legacy Short Training Field)(1)와, 반송파 주파수 오프셋 및 시간 동기화를 위해 사용되는 L-LTF(Legacy Long Training Field)(3)와, 레거시 단말을 속이기(spoof) 위한 값이 기입되는 L-SIG(Legacy SIGNAL Field)(5)로 구성된다.

<31> 레거시 프리앰블 이후 에는 HT 프리앰블 및 HT 포맷의 데이터(20)가 부가된다. HT 프리앰블은, PHY 페이로드(PSDU)에서 적용하는 MCS나 페이로드의 데이터 길이 등의 HT 포맷을 해석하기 위해 필요해지는 정보가 기재되는 HT-SIG(HT SIGNAL Field)(11)와, MIMO 시스템에서의 AGC(자동 이득 제어)를 향상하기 위한 트레이닝·심볼로 이루어진 HT-STF(HT Short Training Field)(13)와, 수신기측에서 채널 추정을 행하기 위한 트레이닝 심볼로 이루어진 HT-LTF(HT Long Training Field)(15)로 구성된다.

<32> 이러한 구성을 갖는 PPDU 프레임 포맷을 MIMO방식으로 송수신하는 경우, 수신기측에서는 수신 신호의 공간 분리하는 송수신 안테나마다 채널 추정하여 채널 행렬을 획득할 필요가 있다. 이 때문에, 송신기측에서는 각 송신 안테나로부터 HT-LTF를 시분할로 송신하여, HT-LTF(15) 트레이닝·심볼의 개수는 공간 스트림수 이상이 된다.

<33> 또한, 다른 공간 스트림을 통하여 동일 또는 유사한 신호가 전송될 때에, 의도하지 않는 빔이 형성된다는 문제가 있다. 이에, IEEE802.11n에서는 송신기는 각 송신 안테나로부터 시간차(Cyclic Shift)로써 신호를 송신하여, 레거시·프리앰블 부분과, HT 포맷 부분의 각각에 관해 송신 안테나 사이의 Cyclic Shift 값이 규정되어 있다.

<34> 이러한 구성의 MIMO-OFDM 기반 차세대 무선 LAN 시스템의 IEEE 802.11n 드래프트 표준에 따라 HT mixed mode로 동작하는 경우, 본 발명에 따른 시간 동기화 장치를 상세히 설명한다.

<35> 도 2는 본 발명에 따른 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치의 제어블록도로서, IEEE 802.11n 드래프트 표준에 따른 HT mixed mode의 프리앰블을 이용하여 시간동기를 획득하며 두 개의 안테나를 통해 신호를 수신하는 경우 그 처리 블록을 예시한 것이다.

<36> 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명의 시간동기화 장치는, 수신신호(RX1, RX2)의 대략적인 시간동기를 추정하는 저정밀시간동기 추정기(100)와, 저정밀시간동기 추정기(100)의 산출결과에 기초하여 수신신호(RX1, RX2)의 정밀시간동기를 추정하는 정밀시간동기 추정기(200)와, 신호 수신(Frame start)이 감지된 경우 저정밀시간동기 추정기(100) 및 정밀시간동기 추정기(200)를 제어하여 시간동기를 획득하도록 제어하는 제어부(300)를 포함한다.

<37> 저정밀시간동기 추정기(100)는 자기상관 기반의 시간동기 기법의 문제점인 최대값 지점에서 평탄면을 갖는 문제를 해결하여 긴 훈련 심볼(Legacy Long Training Symbol)의 대략적인 시작 위치를 추정한다. 이에, 저정밀시간동기 추정기(100)는 수신신호(RX1, RX2)의 짧은 훈련 심볼(Legacy Short Training Symbol)에 대해 자기상관 함

수를 적용하여 저정밀시간동기 함수 A(n)을 산출한다.

<38> 정밀시간동기 추정기(200)는 긴 훈련 심볼(Legacy Long Training Symbol)의 공액복소수 대칭 특성을 이용하여 정밀시간동기 함수 C(n)을 산출함으로써 긴 훈련 심볼의 상세한 시작 위치를 추정한다. 이러한 정밀시간동기 추정기(200)는 기존의 복소수 곱셈기 대신 부호비교기로 구성될 수 있다.

<39> 제어부(300)는 저정밀시간동기 추정기(100)에서 출력된 저정밀시간동기 함수 A(n)을 입력받아 최대값 탐색기A(310)를 이용하여 저정밀시간동기 함수 A(n)의 최대값을 탐색하고, 탐색 된 값에 대해 타이밍 카운터A(312)를 적용하여 저정밀시간동기 T_{coarse}를 산출한다. 제어부(300)는 저정밀시간동기 T_{coarse}를 정밀시간동기 추정기(200)에 제공함으로써, 정밀시간동기 추정기(200)가 정밀시간동기 함수 C(n)을 산출할 수 있도록 한다. 제어부(300)는 정밀시간동기 추정기(200)에서 출력된 정밀시간동기 함수 C(n)을 입력받아 최대값 탐색기B(314)를 이용하여 정밀시간동기 함수 C(n)의 최대값을 탐색하고, 탐색 된 값에 대해 타이밍 카운터B(316)를 적용하여 동기(Symbol CLK)을 획득한다.

<40> 이러한 구성을 갖는 본 발명의 시간동기화 장치의 저정밀시간동기 추정기(100) 및 정밀시간동기 추정기(200)의 구성은 도 3 및 도 4를 참조하여 더욱 상세히 설명한다.

<41> 도 3은 본 발명의 시간동기화 장치의 저정밀시간동기 추정기(100)의 제어블록도이다.

<42> 도 3에 도시된 바와 같이, 저정밀시간동기 추정기(100)는 각 안테나로 수신된 수신신호의 자기상관함수 산출을 위한 자기상관함수 산출기(110, 120)와, 각 수신안테나에서의 자기상관 함수의 출력값을 모두 합산하는 덧셈기(130)와, 자기상관 함수의 합산값에서 평탄면을 제거하는 감산기(140)를 포함한다.

<43> 자기상관함수 산출기(110)는 수신신호(RX1)를 소정시간 지연시키는 지연기(111)와, 지연기(111)를 통해 지연된 신호의 공액복소수를 산출하는 공액복소수 산출기(113)와, 산출된 공액복소수와 수신신호를 곱하는 복소수 곱셈기(115)와, 각 곱셈값을 합산하는 합산기(117)와, 합산된 값의 절대값을 제곱하여 자기상관함수 R(n)을 출력하는 절대값 제곱함수 산출기(ABS()^2)(119)를 포함한다.

<44> 이에, 자기상관함수 산출기(110)를 통해 산출된 수신 안테나 *j*에서의 자기상관함수의 출력값은 다음의 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

$$R^j(n) = \left| \sum_{k=0}^{L-1} r(n+k) r^*(n+k-L_s) \right|^2$$

<45>

<46> 여기서, R은 자기상관(autocorrelation)함수, r은 수신신호, n은 자기 상관 함수의 인덱스, L은 짧은 훈련 심볼(Legacy Short Training Symbol)의 길이(예컨대, 16), Ls는 심볼 지연 시간(예컨대, 16), * 는 공액복소수, j는 수신 안테나의 인덱스이다. 이러한 자기상관함수 산출기(110)는 수신안테나의 개수만큼 구비될 수 있다.

<47> 한편, 합산기(117)에서 합산된 값은 반송파 주파수 오프셋(CFO, carrier frequency offsets)을 산출하는데 제공될 수 있다.

<48> 덧셈기(130)는 성능을 향상시키기 위해 각 수신안테나에서의 자기상관 함수의 출력값을 모두 합산한다. 이를 수식으로 나타내면, 다음의 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

$$R(n) = \sum_{j=0}^{M} R^j(n),$$

<49>

<50> 여기서, M은 수신 안테나의 총 개수이다.

<51> 덧셈기(130)를 통해 자기상관함수의 합산이 완료되면, 슬라이딩 윈도우(Wd)를 이용하여 감산기(140)를 통해 합산된 자기상관함수의 평탄면을 제거한다. 이를 수식으로 나타내면, 다음의 [수학식 3]과 같다.

수학식 3

$$A(n)=\sum_{i=0}^{W_d-1}\{R(n-i-16)-R(n-i)\},$$

<52>

<53> 여기서, A(n)은 저정밀시간동기 함수이고, Wd는 윈도우 사이즈이다.

<54> 이러한 구성에 의해 저정밀시간동기 추정기(100)에서 저정밀시간동기 함수 A(n)이 출력되면, 제어부(300)는 평탄면이 제거된 결과값 중 최대값을 다음 [수학식 4]에 대입하면 대략적인 심볼 타이밍을 산출할 수 있다.

수학식 4

$$T_{coarse}=\arg\max_{n}\{A(n)\}$$

<55>

<56> 이러한 구성에 의해, 저정밀시간동기 추정기(100)는 짧은 훈련 심볼의 자기상관함수 합산값의 평탄면을 제거하여 저정밀시간동기 추정값은 T_{coarse} 지점에서 최대값을 갖게 된다. 그러나, T_{coarse} 지점으로 추정된 값은 낮은 SNR(signal to noise ratio)에서 큰 분산을 가지고 오차를 가지기 때문에, 정확한 시간동기를 찾는 것은 불가능하다.

<57> 이에, 제어부(300)는 저정밀시간동기 추정값 T_{coarse}를 정밀시간동기 추정기(200)에 제공하여 정확한 시간동기가 획득되도록 한다.

<58> 도 4는 정밀시간동기 추정기(200)의 제어블록도로서, 정밀시간동기 추정기(200)는 IEEE 802.11n HT-mixed 모드 프리앰블의 긴 훈련 심볼의 공액복소수 대칭 특성을 이용한다.

<59> HT-mixed 모드의 160개의 긴 훈련 심볼 구조 가운데 보호구간 32 샘플을 제외한 128개의 샘플 구조는 [수학식 5]와 같으며, [수학식 6]과 같은 공액복소수 대칭 구조를 가진다.

수학식 5

$$[y_A(k)\ y_B(k)\ y_A(k)\ y_B(k)]$$

<60>

수학식 6

$$y_B(k)=y_A^*(32-k),\quad k=0,1,\ldots,31$$

<61>

<62> 여기서, y는 긴 훈련 심볼이다.

<63> 이에, 본 발명은 긴 훈련 심볼의 공액복소수 특성을 이용한 부호비교기(Sign Comparator)를 사용하여 정밀시간동기 함수를 산출한다. 공액복소수 대칭구조는 복소 곱셈수를 기존 상호상관 방식에서 요구되는 64번에서 32번으로 감소시킬 수 있다.

<64> 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 정밀시간동기 추정기(200)는, 저정밀시간동기 추정기(100)로부터 활성화(enable)신호를 입력받아 구동되며, 공액복소수 특성을 갖는 긴 훈련 심볼이 순차적으로 저장되는 제1레지스터(202) 및 제2레지스터(204)와, 양측 레지스터(202, 204)에 저장된 긴 훈련 심볼의 부호를 비교하여 정밀시간동기 함수 C(n)을 산출하는 비교부(210)를 포함한다.

<65> 비교부(210)는 양측 레지스터(202, 204)에 저장된 긴 훈련 심볼의 부호를 비교하기 위한 다수개의 부호 비교기(212)와, 부호 비교기(212)의 출력값을 합산하기 위한 덧셈기(214)와, 덧셈기(214)를 통해 합산된 값의 절대값을 제곱하여 정밀시간동기 함수 C(n)을 출력하는 절대값 제곱함수 산출기(ABS()^2)(216)를 포함한다.

<66> 이에, 자기상관함수 산출기(110)를 통해 산출된 수신 안테나 j에서의 자기상관함수의 출력값은 다음의 [수학식 7]과 같다.

수학식 7

$$C(n)=\left|\sum_{k=0}^{N/2-1} r(n+k)r(n-k)\right|^2$$

<67>

<68> 여기서, C는 정밀시간동기 함수, N은 긴 훈련 심볼 길이(예컨대, 64)이다.

<69> 부호비교기(212)의 출력값은 정밀시간동기 함수 *C(n)* 산출을 위해 누적된다. 여기서, 정밀시간동기 추정기(200)가 최대값을 갖는 지점에서 수신신호와 지연된 수신신호의 부호값은 <공액복소수 대칭구조 참조표>와 같다.

<70> <공액복소수 대칭구조 참조표>

$re\{r_k(n)\}$	$im\{r_k(n)\}$	$re\{r_{32-k}(n)\}$	$im\{r_{32-k}(n)\}$	weight
+	+	+	-	+1
+	-	+	+	+1
-	+	-	-	+1
-	-	-	+	+1
otherwise				+0

<71>

<72> 부호비교기(212)는 상기 <공액복소수 대칭구조 참조표>를 룩업 테이블(lookup table)로 저장하고, <공액복소수 대칭구조 참조표>의 조건을 만족시킬 경우 가중치 +1을 하고 그렇기 않을 경우는 +0을 연산함으로써 정밀시간동기 함수 C(n)을 산출할 수 있다. 부호비교기(212)의 결과값(+1 혹은 +0)은 정밀시간동기 추정을 위하여 누적되며, 잡음에 의한 오차값 때문에 이 누적값은 +32보다 적게 된다.

<73> 상기 [수학식 7]에 따른 정밀시간동기 함수 C(n)은 긴 훈련 심볼 구간에서 4개의 최대값을 갖는다. 이 4개의 최대값은 첫 번째와 두 번째 긴 훈련 심볼의 시작점과 각 긴 훈련 심볼의 가운데 지점에서 나타난다.

<74> 이러한 구성에 의해 정밀시간동기 추정기(200)에서 정밀시간동기 함수 C(n)이 출력되면, 제어부(300, 도 2 참조)는, 저정밀시간동기 함수에 기초하여 설정된 검색구간 윈도우를 이용하여 정밀시간동기 함수의 최대값을 탐색한다. 이를 수식으로 나타내면 하기 [수학식 8]과 같다.

수학식 8

$$T_{Fine}=\arg\max_{n\in W_f}\{C(n)\}$$

<75>

<76> 여기서, Wf는 저정밀시간동기 함수를 통해서 얻을 수 있는 최대값 지점의 검색구간 윈도우이고 윈도우 크기는 조절될 수 있다. 실제로 안테나 *j*에서의 수신신호는 각 송신 안테나에서의 서로 다른 cyclic shift 값을 갖는 송신신호의 합으로 나타나기 때문에, 정밀시간동기 함수는 송신신호의 평균값으로 구해지므로 정밀 시간 동기화의 추정 값은 정확한 긴 훈련 심볼의 시작점을 나타내지는 않는다. 그러나 송신신호의 평균값으로 이루어지는 정밀시간동기 함수는 단 1개의 최대값만을 갖고 수신기에서는 각 송신 안테나에서 얼마만큼 cyclic shift가 이루어졌는지 이미 알고 있기 때문에 정확한 긴 훈련 심볼의 시작점을 추정할 수 있다.

<77> 한편, 정밀시간동기 추정기(200)는 반송파 주파수 옵셋(CFO, carrier frequency offsets)을 산출하기 위한 구성으로서, 레지스터(202, 204)에 저장된 긴 훈련 심볼의 공액복소수를 산출하기 위한 공액복소수 산출기(220)와, 공액복소수 산출기(220)의 출력값과 수신신호를 곱하는 복소수 곱셈기(230) 및 합산기(240)를 더 포함할 수 있다.

<78> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명은, MIMO-OFDM 기반의 IEEE 802.11n 드래프트 표준에서의 HT mixed mode의 프리앰블을 이용하여, 짧은 훈련 심볼(Legacy Short Training Symbol)을 사용하여 저정밀시간동기를 추정한 후, 긴 훈련 심볼(Legacy Long Training Symbol)의 공액복소수 대칭 특성을 이용한 정밀시간동기 함수를 산출한다. 이에 따라, 저정밀시간동기 추정과정을 통해 긴 훈련 심볼의 시작 위치를 추정함으로써 정밀시간동기 함수의 연산량을 감소시킬 수 있다. 또한, 긴 훈련 심볼의 공액복소수 특성을 이용한 부호비교기를 이용하여 정밀시간동기 함수를 산출함으로써 구현 측면에서 복잡도를 감소시킬 수 있다.

<79> 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

<80> 도 1은 본 발명에 따른 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치가 적용되는 IEEE 802.11n 표준안의 표현층 프로토콜 데이터 단위(PPDU) 프레임 포맷의 구조도,

<81> 도 2는 본 발명에 따른 무선통신 시스템을 위한 시간동기화 장치의 제어블록도,

<82> 도 3은 도 2의 저정밀시간동기 추정기의 제어블록도,

<83> 도 4는 도 2의 정밀시간동기 추정기의 제어블록도이다.

<84> *** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ***

<85> 100 : 저정밀시간동기 추정기 110, 120 : 자기상관함수 산출기

<86> 130 : 덧셈기 140 : 감산기

<87> 200 : 정밀시간동기 추정기 202, 204 : 레지스터

<88> 210 : 비교부 212 : 부호비교기

<89> 214 : 덧셈기 216 : 절대값 제곱함수 산출기

<90> 220 : 공액복소수 산출기 230 : 복소수 곱셈기

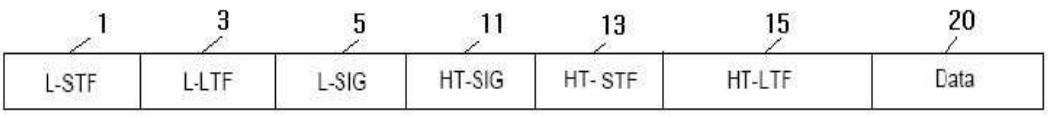
<91> 240 : 합산기 300 : 제어부

<92> 310 : 최대값탐색기A 312 : 타이밍카운터A

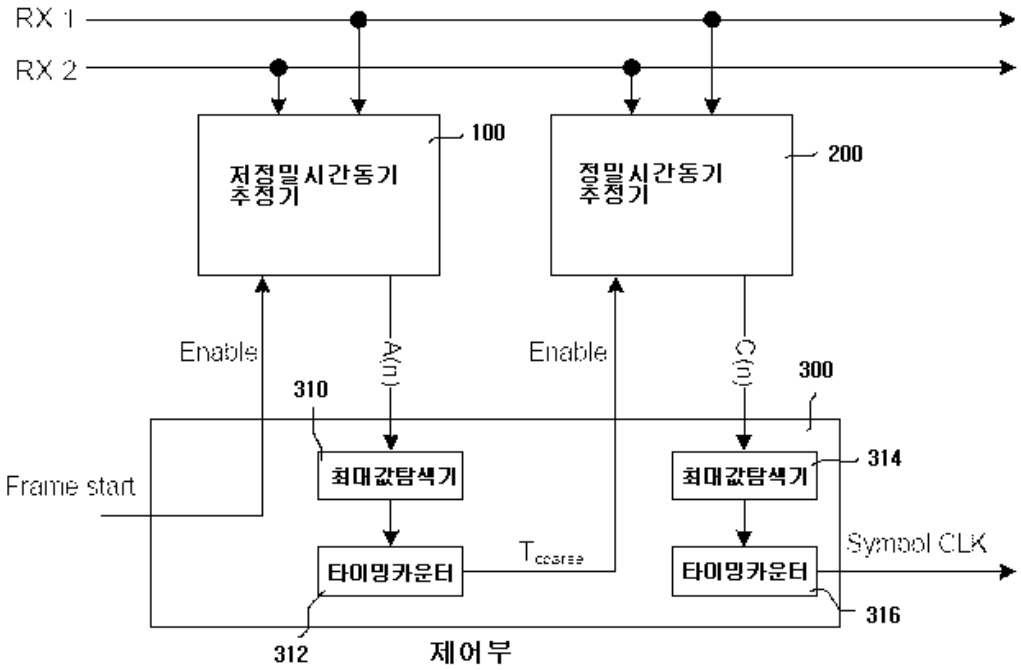
<93> 314 : 최대값탐색기B 316 : 타이밍카운터B

도면

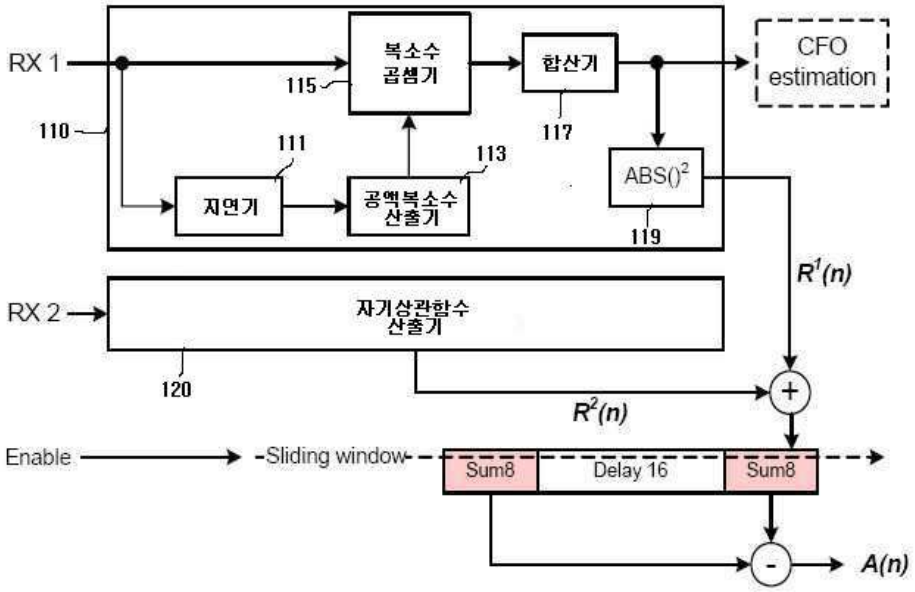
도면1



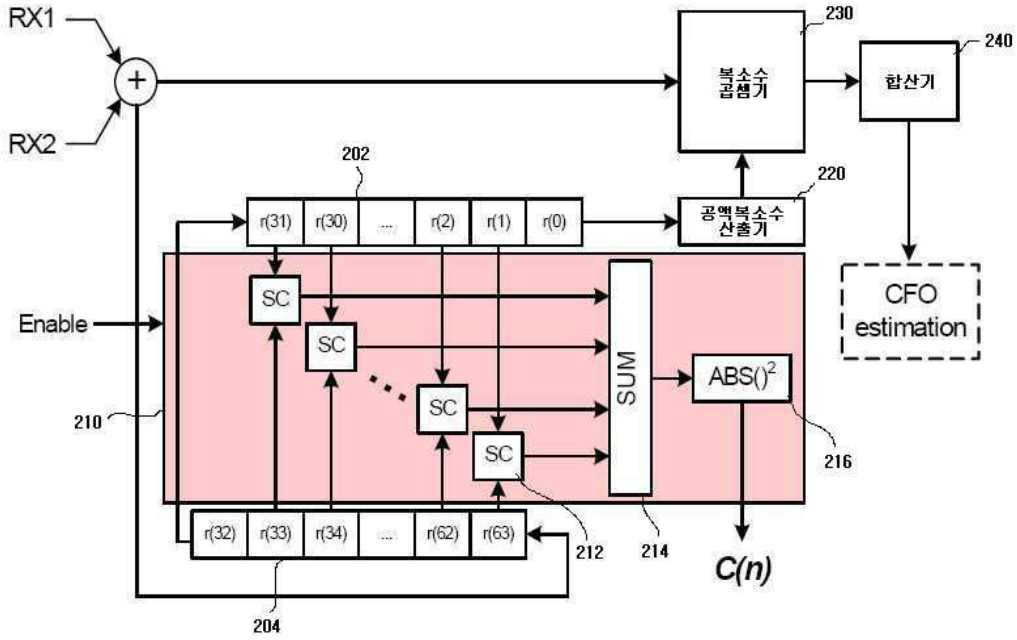
도면2


RX 1
RX 2
저정밀시간동기 추정기
100
정밀시간동기 추정기
200
Enable
A(n)
Enable
C(n)
300
310
Frame start
최대값탐색기
최대값탐색기
314
타이밍카운터
T_{coarse}
타이밍카운터
Symbol CLK
316
312
제어부

도면3


RX 1
복소수 곱셈기
115
합산기
117
CFO estimation
110
111
113
ABS()^2
지연기
공액복소수 산출기
119
$R^1(n)$
RX 2
자기상관함수 산출기
120
$R^2(n)$
Enable
Sliding window
Sum8
Delay 16
Sum8
A(n)

도면4


RX1
RX2
+
230
복소수 곱셈기
240
합산기
202
220
r(31) r(30) ... r(2) r(1) r(0)
공액복소수 산출기
CFO estimation
Enable
SC
SC
SC
SC
SUM
ABS()²
210
216
r(32) r(33) r(34) ... r(62) r(63)
212
214
C(n)
204