



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0092893
(43) 공개일자 2019년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04B 7/0413 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2666 (2013.01)
H04B 7/0413 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0012177
(22) 출원일자 2018년01월31일
심사청구일자 2018년01월31일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
유영환
서울특별시 송파구 동남로 225, 105동 302호 (가락동, 래미안파크팰리스)
정용안
서울특별시 서초구 방배중앙로5길 18-3, 2층 (방배동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항

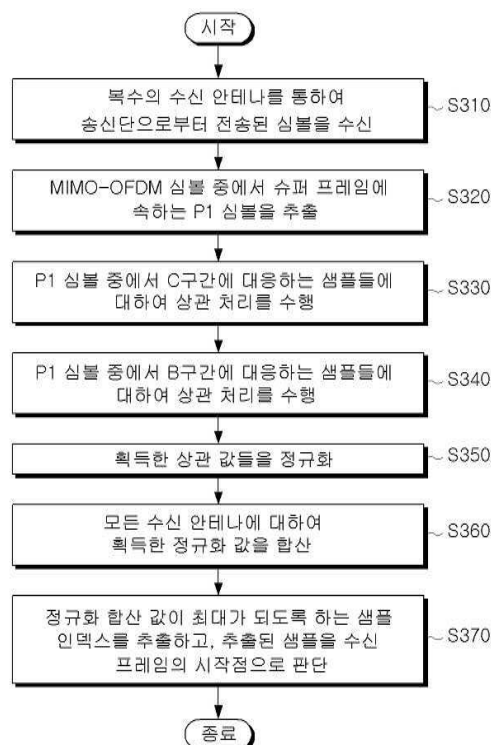
(54) 발명의 명칭 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치를 이용한 프레임 시작점 탐지 방법에 있어서, 복수의 수신 안테나를 이용하여 송신단으로부터 MIMO-OFDM 심볼을 수신하는 단계, 수신된 상기 MIMO-OFDM 심볼의 슈퍼 프레임에서 P1 심볼을 추

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



출하고, 상기 P1 심볼에서 유효 심볼 구간인 A 구간과 보호 구간인 C 구간 및 B 구간을 추출하는 단계, 상기 C 구간에 속하는 샘플들을 상기 A 구간의 전치 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제1 상관 처리 값을 획득하는 단계, 상기 A 구간의 후치 구간에 속하는 샘플들을 상기 B 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제2 상관 처리 값을 획득하는 단계, 상기 제1 상관 처리 값과 제2 상관 처리 값을 이용하여 정규화 처리하는 단계, 그리고 모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고, 정규화 합산 값을 이용하여 프레임 시작점을 추출하는 단계를 포함한다. 이와 같이 본 발명에 따르면, 복잡한 계산 시간에 의해 발생하는 시간 지연 및 회로의 복잡도를 감소시킬 수 있으며, 종래 기술에 비하여 더욱 정확한 타이밍 검출 메트릭을 제공하고, 보다 신뢰성 있는 프레임 시작점을 검출할 수 있는 효과를 가진다.

(52) CPC특허분류

H04L 27/2602 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711061727

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 무인이동체미래선도핵심기술개발

연구과제명 소형,경량,소출력 무인비행장치간 직접 정보교환 단말장치 개발

기 여 율 1/1

주관기관 전자부품연구원

연구기간 2017.04.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치를 이용한 프레임 시작점 탐지 방법에 있어서,
복수의 수신 안테나를 이용하여 송신단으로부터 MIMO-OFDM 심볼을 수신하는 단계,
수신된 상기 MIMO-OFDM 심볼의 슈퍼 프레임에서 P1 심볼을 추출하고, 상기 P1 심볼에서 유효 심볼 구간인 A 구간과 보호 구간인 C 구간 및 B 구간을 추출하는 단계,
상기 C 구간에 속하는 샘플들을 상기 A 구간의 전치 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제1 상관 처리 값을 획득하는 단계,
상기 A 구간의 후치 구간에 속하는 샘플들을 상기 B 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제2 상관 처리 값을 획득하는 단계,
상기 제1 상관 처리 값과 제2 상관 처리 값을 이용하여 정규화 처리하는 단계, 그리고
모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고, 정규화 합산 값을 이용하여 프레임 시작점을 추출하는 단계를 포함하는 프레임 시작점 탐지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 C 구간은 상기 A 구간에서 기 설정된 영역만큼 복사되어 상기 A 구간 전방에 삽입된 영역이고,
상기 B 구간은 상기 A 구간의 나머지 영역이 복사되어 상기 A 구간의 후방에 삽입된 영역인 프레임 시작점 탐지 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 제1 상관 처리 값을 획득하는 단계는,
다음의 수학적식을 이용하여 상관 처리를 수행하는 프레임 시작점 탐지 방법:

$$D_m^1(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} y_m(n+m) y_m^*(n+m+N_1), m=1, 2, \dots, N_r$$

여기서, $D_m^1(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제1 상관 처리 값이고, m은 수신 안테나 인덱스, N_1 은 C 구간에 포함된 샘플 개수, g는 C 구간에 해당하는 N_1 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 제2 상관 처리 값을 획득하는 단계는,

다음의 수학적식을 이용하여 상관 처리를 수행하는 프레임 시작점 탐지 방법:

$$D_m^2(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_2-1+g} y_m(n+m+2N_1) y_m^*(n+m+2N_1+N_2), m=1,2,\dots,N_r$$

여기서, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제2 상관 처리 값이고, m 은 수신 안테나 인덱스, N_2 는 B 구간에 포함된 샘플 개수, g 는 B 구간에 해당하는 N_2 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 정규화 처리하는 단계는,

다음의 수학적식을 이용하여 정규화 처리를 수행하는 프레임 시작점 탐지 방법:

$$\overline{D}_m(g) = \frac{1}{Q_m(g)} \left| \sum_{i=1}^2 D_m^i(g, \epsilon_m) \right|, m=1,2,\dots,N_r$$

여기서, $D_m^1(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제1 상관 처리 값이고, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제2 상관 처리 값이고, m 은 수신 안테나 인덱스, $Q_m(g)$ 는 m 번째 수신 안테나의 순간 전력, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 m 번째 수신 안테나의 순간 전력은 다음의 수학적식을 이용하여 산출되는 프레임 시작점 탐지 방법:

$$Q_m(g) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} |y_m(n+m+N_1)|^2 + \sum_{n=g}^{N_2-1+g} |y_m(n+m+2N_1+N_2)|^2, m=1,2,\dots,N_r$$

여기서, m 은 수신 안테나 인덱스, N_1 은 C 구간에 포함된 샘플 개수, N_2 는 B 구간에 포함된 샘플 개수, g 는 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 프레임 시작점을 추출하는 단계는,

상기 정규화 합산 값이 최대가 되도록 하는 샘플 인덱스(g)를 추출하고, 추출된 샘플을 수신 프레임의 시작점으로 판단하는 프레임 시작점 탐지 방법:

$$\hat{g} = \arg \max_g \Omega_p(g)$$

여기서, $\hat{g}$ 는 수신 프레임의 시작점을 나타내고, $\Omega_p(g)$ 는 상기 정규화 합산 값을 나타낸다.

청구항 8

MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치에 있어서,

복수의 수신 안테나를 이용하여 송신단으로부터 MIMO-OFDM 심볼을 수신하는 통신부,

수신된 상기 MIMO-OFDM 심볼의 슈퍼 프레임에서 P1 심볼을 추출하고, 상기 P1 심볼에서 유효 심볼 구간인 A 구간과 보호 구간인 C 구간 및 B 구간을 추출하는 심볼 추출부,

상기 C 구간에 속하는 샘플들을 상기 A 구간의 전치 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제1 상관 처리 값을 획득하고, 상기 A 구간의 후치 구간에 속하는 샘플들을 상기 B 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제2 상관 처리 값을 획득하는 상관 처리부,

상기 제1 상관 처리 값과 제2 상관 처리 값을 이용하여 정규화 처리하는 정규화부, 그리고

모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고, 정규화 합산 값을 이용하여 프레임 시작점을 추출하는 시작점 추출부를 포함하는 프레임 시작점 탐지 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 C 구간은 상기 A 구간에서 기 설정된 영역만큼 복사되어 상기 A 구간 전방에 삽입된 영역이고,

상기 B 구간은 상기 A 구간의 나머지 영역이 복사되어 상기 A 구간의 후방에 삽입된 영역인 프레임 시작점 탐지 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 상관 처리부는,

다음의 수학식을 이용하여 제1 상관 처리 값을 획득하는 프레임 시작점 탐지 장치:

$$D_m^1(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} y_m(n+m) y_m^*(n+m+N_1), m=1,2,\dots,N_r$$

여기서, $D_m^1(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제1 상관 처리 값이고, m은 수신 안테나 인덱스, N_1 은 C 구간에 포함된 샘플 개수, g는 C 구간에 해당하는 N_1 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 상관 처리부는,

다음의 수학식을 이용하여 제2 상관 처리 값을 획득하는 프레임 시작점 탐지 장치:

$$D_m^2(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_2-1+g} y_m(n+m+2N_1) y_m^*(n+m+2N_1+N_2), m=1,2,\dots,N_r$$

여기서, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제2 상관 처리 값이고, m은 수신 안테나 인덱스, N_2 는 B 구간에 포함된 샘플 개수, g는 B 구간에 해당하는 N_2 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 정규화부는,

다음의 수학적식을 이용하여 정규화 처리를 수행하는 프레임 시작점 탐지 장치:

$$\overline{D_m}(g) = \frac{1}{Q_m(g)} \left| \sum_{i=1}^2 D_m^i(g, \epsilon_m) \right|, m=1, 2, \dots, N_r$$

여기서, $D_m^1(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제1 상관 처리 값이고, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제2 상관 처리 값이고, m 은 수신 안테나 인덱스, $Q_m(g)$ 은 m 번째 수신 안테나의 순간 전력, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 m 번째 수신 안테나의 순간 전력은 다음의 수학적식을 이용하여 산출되는 프레임 시작점 탐지 장치:

$$Q_m(g) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} |y_m(n+m+N_1)|^2 + \sum_{n=g}^{N_2-1+g} |y_m(n+m+2N_1+N_2)|^2, m=1, 2, \dots, N_r$$

여기서, m 은 수신 안테나 인덱스, N_1 은 C 구간에 포함된 샘플 개수, N_2 은 B 구간에 포함된 샘플 개수, g 는 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 시작점 추출부는,

상기 정규화 합산 값이 최대가 되도록 하는 샘플 인덱스(g)를 추출하고, 추출된 샘플을 수신 프레임의 시작점으로 판단하는 프레임 시작점 탐지 장치:

$$\hat{\delta} = \arg \max_g \Omega_p(g)$$

여기서, $\hat{\delta}$ 는 수신 프레임의 시작점을 나타내고, $\Omega_p(g)$ 은 상기 정규화 합산 값을 나타낸다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수신된 신호를 정확하게 복조할 수 있도록 프레임의 시작지점을 추출하는 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] DVB-T2 시스템(Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial)은 2세대 유럽 지상파 디지털 방송 표준으로 MIMO-OFDM 기반의 물리 계층을 사용하므로 다중 경로 페이딩에 강하며 주파수 효율이 높다.

[0003] DVB-T2 시스템은 디지털 TV의 데이터 전송률을 높이고 전송 네트워크 구성 시 모든 DVB 시스템과 연계될 수 있도록 유연하게 만드는 것을 핵심으로 하고 있으며, 운송 수단으로 이동 중에도 방송 서비스가 손실 없이 원활하게 전달하는 거세 초점을 맞추고 있다. 이러한 DVB-T2 시스템은 아날로그 TV 방송이 종료되면서 비워지게 될 주

파수 대역을 이용하여 지상파 고해상도 디지털 TV 서비스를 제공할 것으로 기대하고 있다.

[0004] DVB-T2 시스템은 크게 Input processing, BICM(Bit Interleaved Coded Modulation), Frame Builder, 그리고 MIMO-OFDM generation 등의 4개의 파트로 구분된다.

[0005] 이와 같은 DVB-T2 시스템은 직교성을 유지해야 하기 때문에 시간 및 주파수 오프셋에 약하다는 단점이 있으므로 DVB-T2 시스템에서의 수신기는 수신된 데이터를 정확하게 복조하기 위해서는 첫 번째로 프레임의 시작점을 찾아 내야 한다.

[0006] 따라서 높은 신뢰성이 요구되는 DVB-T2 시스템은 프레임의 시작점 탐지를 정확하고 빠르게 탐지하는 기술이 요구된다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 국내등록특허 제 10-1811954호(2018.01.25. 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 수신된 신호를 정확하게 복조할 수 있도록 프레임의 시작지점을 추출하는 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 방법 및 그 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치를 이용한 프레임 시작점 탐지 방법에 있어서, 복수의 수신 안테나를 이용하여 송신단으로부터 MIMO-OFDM 심볼을 수신하는 단계, 수신된 상기 MIMO-OFDM 심볼의 슈퍼 프레임에서 P1 심볼을 추출하고, 상기 P1 심볼에서 유효 심볼 구간인 A 구간과 보호 구간인 C 구간 및 B 구간을 추출하는 단계, 상기 C 구간에 속하는 샘플들을 상기 A 구간의 전치 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제1 상관 처리 값을 획득하는 단계, 상기 A 구간의 후치 구간에 속하는 샘플들을 상기 B 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제2 상관 처리 값을 획득하는 단계, 상기 제1 상관 처리 값과 제2 상관 처리 값을 이용하여 정규화 처리하는 단계, 그리고 모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고, 정규화 합산 값을 이용하여 프레임 시작점을 추출하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 C 구간은 상기 A 구간에서 기 설정된 영역만큼 복사되어 상기 A 구간 전방에 삽입된 영역이고, 상기 B 구간은 상기 A 구간의 나머지 영역이 복사되어 상기 A 구간의 후방에 삽입된 영역일 수 있다.

[0011] 상기 제1 상관 처리 값을 획득하는 단계는, 다음의 수학적식을 이용하여 상관 처리를 수행할 수 있다.

$$D_m^1(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} y_m(n+m) y_m^*(n+m+N_1), m=1, 2, \dots, N_r$$

[0012]

[0013] 여기서, $D_m^1(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제1 상관 처리 값이고, m은 수신 안테나 인덱스, N_1 은 C 구간에 포함된 샘플 개수, g는 C 구간에 해당하는 N_1 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0014] 상기 제2 상관 처리 값을 획득하는 단계는, 다음의 수학적식을 이용하여 상관 처리를 수행할 수 있다.

$$D_m^2(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_2-1+g} y_m(n+m+2N_1) y_m^*(n+m+2N_1+N_2), m=1, 2, \dots, N_r$$

[0015]

[0016] 여기서, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제2 상관 처리 값이고, m은 수신 안테나 인덱스, N_2 는 B 구간에 포함된 샘플 개수, g는 B 구간에 해당하는 N_2 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0017] 상기 정규화 처리하는 단계는, 다음의 수학적식을 이용하여 정규화 처리를 수행할 수 있다.

$$\overline{D}_m(g) = \frac{1}{Q_m(g)} \left| \sum_{i=1}^2 D_m^i(g, \epsilon_m) \right|, m=1, 2, \dots, N_r$$

[0018]

[0019] 여기서, $D_m^1(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제1 상관 처리 값이고, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 은 상기 제2 상관 처리 값이고, m은 수신 안테나 인덱스, $Q_m(g)$ 는 m번째 수신 안테나의 순간 전력, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0020] 상기 m번째 수신 안테나의 순간 전력은 다음의 수학적식을 이용하여 산출될 수 있다.

$$Q_m(g) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} |y_m(n+m+N_1)|^2 + \sum_{n=g}^{N_2-1+g} |y_m(n+m+2N_1+N_2)|^2, m=1, 2, \dots, N_r$$

[0021]

[0022] 여기서, m은 수신 안테나 인덱스, N_1 은 C 구간에 포함된 샘플 개수, N_2 는 B 구간에 포함된 샘플 개수, g는 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0023] 상기 프레임 시작점을 추출하는 단계는, 상기 정규화 합산 값이 최대가 되도록 하는 샘플 인덱스(g)를 추출하고, 추출된 샘플을 수신 프레임의 시작점으로 판단할 수 있다.

$$\hat{\delta} = \arg \max_g \Omega_p(g)$$

[0024]

[0025] 여기서, $\hat{\delta}$ 는 수신 프레임의 시작점을 나타내고, $\Omega_p(g)$ 는 상기 정규화 합산 값을 나타낸다.

[0026] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치에 있어서, 복수의 수신 안테나를 이용하여 송신단으로부터 MIMO-OFDM 심볼을 수신하는 통신부, 수신된 상기 MIMO-OFDM 심볼의 슈퍼 프레임에서 P1 심볼을 추출하고, 상기 P1 심볼에서 유효 심볼 구간인 A 구간과 보호 구간인 C 구간 및 B 구간을 추출하는 심볼 추출부, 상기 C 구간에 속하는 샘플들을 상기 A 구간의 전치 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제1 상관 처리 값을 획득하고, 상기 A 구간의 후치 구간에 속하는 샘플들을 상기 B 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하여 제2 상관 처리 값을 획득하는 상관 처리부, 상기 제1 상관 처리 값과 제2 상관 처리 값을 이용하여 정규화 처리하는 정규화부, 그리고 모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고, 정규화 합산 값을 이용하여 프레임 시작점을 추출하는 시작점 추출부를 포함한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따르면, 복잡한 계산 시간에 의해 발생하는 시간 지연 및 회로의 복잡도를 감소시킬 수 있으며, 종래 기술에 비하여 더욱 정확한 타이밍 검출 메트릭을 제공하고, 보다 신뢰성 있는 프레임 시작점을 검출할 수 있는 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 DVB-T2 시스템에서 수신되는 프레임의 구조를 나타낸 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 프레임 시작점 탐지 장치를 나타낸 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치를 이용한 프레임 시작점 탐지 방법을 나타낸 순서도이다.

도 4는 도 3의 S330 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 도 3의 S340 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 프레임 시작점 탐지 방법과 기존 방법의 자기 상관값에 대한 타이밍 메트릭스

를 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0030] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0031] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0032] 도 1은 DVB-T2 시스템에서 수신되는 프레임의 구조를 나타낸 구성도이다.
- [0033] 도 1과 같이 DVB-T2 시스템의 전송 프레임 구조는 슈퍼 프레임 단위로 전송이 되는데 슈퍼프레임은 MIMO-OFDM 심볼로 구성된 복수의 T2 프레임으로 구성되어 있다. T2 프레임은 P1 심볼, 복수의 P2 심볼, 그리고 페이로드(Data Symbols)로 구성되며 입력 데이터 스트림의 용량 합계는 하나의 물리계층(T2-frame)이 처리할 수 있는 용량을 초과할 수 없다. DVB-T2 시스템에서 물리계층의 첫 심볼은 한정된 시그널링 정보를 채널의 영향에 강인하게 전송할 수 있는 P1 심볼로 시작된다.
- [0034] DVB-T2 시스템에 따르면, 다중경로 페이딩에 의한 성능 저하를 막고 시간 영역에서의 동기 추정을 위해 P1 심볼은 유효 심볼 구간(A 구간)의 앞뒤로 보호 구간(C구간, B구간)이 삽입된 구조로 이루어진다.
- [0035] 즉, 도 1에서 보면 P1 심볼은 유효 심볼 구간인 A 구간과 A 구간의 일부 구간이 복사된 보호구간인 C 구간과 A 구간의 나머지 구간이 복사된 보호구간인 B 구간을 포함한다.
- [0036] P1 심볼은 길이 N_a 인 1024개의 서브캐리어 "A"를 갖는 OFDM 심볼로 구성되며, 이는 두 개의 시간 영역에서 각각 "C", "B"로 표현되며 반복된다. 즉, 시간영역에서 P1 심볼의 보호구간을 형성하기 위해 P1 심볼의 중간부분의 첫 번째 $N_1=542$ 샘플과 마지막 $N_2=482$ 샘플이 복사되어서 $f_s = 1/N_a T_s$ 만큼 주파수가 이동된다.
- [0037] 도 1에서 l 번째 송신 안테나에서 P1 심볼을 통해 송신하는 시간 영역 신호는 아래의 수학적 식 1로 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

$$x_l(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X_l(k) e^{j2\pi kn/N}, l=1,2,\dots,N_t$$

- [0038]
- [0039] 여기서, N 은 서브캐리어의 개수, N_t 는 송신 안테나의 개수, $X_l(K)$ 는 주파수 영역에서 l 번째 송신 안테나의 송신 신호를 의미한다.
- [0040] 그리고 최종적인 시간 영역에서의 P1 심볼의 전체에 해당되는 2048개(약 2K)의 MIMO-OFDM 심볼($x_l(n)$)은 다음의 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$x_l(n) = \begin{cases} p_A(n)e^{j2\pi f_s n T_s}, & 0 \leq n < N_1 \\ p_A(n - N_1), & N_1 \leq n < N_1 + N_a \\ p_A(n - N_a)e^{j2\pi f_s n T_s}, & N_1 + N_a \leq n < 2N_a \end{cases}$$

여기서, $p_A(n)$ 는 도 1의 A 구간을 나타내며, $N_a=1024$, $N_1=542$ 개의 샘플을 의미한다.

즉, P1 심볼의 경우, A 구간에 해당되는 1024개의 샘플에서 앞의 542개 샘플은 A 구간의 앞쪽에 순환 전치 복사되고, A 구간의 뒤쪽에 482개의 샘플이 순환 후치 복사되어, P1 심볼은 C 구간, A 구간, B 구간에 해당하는 2048개의 샘플로 이루어진다.

따라서, 도 1을 참조할 때, 수학식 2에서 $p_A(n)e^{j2\pi f_s n T_s}$ 은 C구간, $p_A(n - N_1)$ 은 A구간, $p_A(n - N_a)e^{j2\pi f_s n T_s}$ 은 C구간을 의미한다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 프레임 시작점 탐지 장치를 나타낸 구성도이다.

도 2와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 프레임 시작점 탐지 장치(200)는 통신부(210), 심볼 추출부(220), 상관 처리부(230), 정규화부(240), 그리고 시작점 추출부(250)를 포함한다.

먼저, 통신부(210)는 복수의 수신 안테나를 이용하여 송신단으로부터 MIMO-OFDM 심볼을 수신한다.

그리고, 심볼 추출부(220)는 수신된 상기 MIMO-OFDM 심볼의 슈퍼 프레임에서 P1 심볼을 추출하고, P1 심볼에서 유효 심볼 구간인 A 구간과 보호 구간인 C 구간 및 B 구간을 추출한다.

다음으로 상관 처리부(230)는 C 구간에 속하는 샘플들을 상기 A 구간의 전치 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리하고, A 구간의 후치 구간에 속하는 샘플들을 B 구간에 대응되는 샘플들과 상관 처리한다.

그리고, 정규화부(240)는 상관 처리된 값들을 이용하여 정규화 처리를 수행한다.

마지막으로, 시작점 추출부(250)는 모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고, 정규화 합산 값을 이용하여 프레임 시작점을 추출한다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 MIMO-OFDM 기반의 프레임 시작점 탐지 장치를 이용한 프레임 시작점 탐지 방법을 나타낸 순서도이다.

본 발명의 실시예에 따르면, 통신부(210)는 복수의 수신 안테나를 통하여 송신단으로부터 전송된 심볼을 수신한다(S310).

즉, 송신단이 도 1과 같은 프레임 구조를 가지는 신호를 전송하면, 통신부(210)는 복수의 수신 안테나를 통하여 다음의 수학식 3과 같은 신호를 수신한다.

수학식 3

$$y_m(n) = \sum_{l=1}^{N_t} x_l(n - \delta) e^{j2\pi \epsilon_m n / N} \odot h_{lm}(n) + w_m(n), m = 1, 2, \dots, N_r$$

- [0057] 여기서, $y_m(n)$ 은 m번째 수신 안테나의 수신 신호이고, $\otimes$ 는 선형컨볼루션, N_t 는 송신 안테나의 개수, N_r 은 수신 안테나의 개수, δ 는 시간 동기화 오차, ϵ_m 은 m번째 수신 안테나에서의 주파수 동기화 오차이다. 또한, $h_{lm}(n)$ 은 l 번째 송신 안테나로부터 m번째 수신 안테나로의 기저대역 이산 시간 채널 임펄스 응답이고, $w_m(n)$ 은 m번째 수신 안테나에서의 평균이 0인 백색 가우시안 잡음을 나타낸다.
- [0058] 다음으로, 심볼 추출부(220)는 수신된 MIMO-OFDM 심볼 중에서 슈퍼 프레임에 속하는 P1 심볼을 추출하고, P1 심볼에서 유효 심볼 구간 및 보호 구간을 추출한다(S320).
- [0059] 여기서 유효 심볼 구간은 A 구간을 의미하고, 보호 구간은 A 구간의 앞과 뒤에 배치된 C 구간과 B 구간을 의미한다.
- [0060] 그리고, 상관 처리부(230)는 m번째 수신 안테나에서 수신된 P1 심볼 중에서 C구간에 대응하는 샘플들에 대하여 상관 처리를 수행한다(S330).
- [0061] 도 4는 도 3의 S330 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0062] 도 4에 나타난 것처럼, 상관 처리부(230)는 C구간에 속하는 샘플을 A구간의 전치 구간(도 4에서는 "A-1" 구간으로 표시함)에 대응되는 샘플들과 상관 처리한다.
- [0063] S330 단계를 수학식으로 표현하면 다음의 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$D_m^1(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} y_m(n+m) y_m^*(n+m+N_1), m=1,2,\dots,N_r$$

- [0064]
- [0065] 수학식 4는 m번째 수신 안테나에서 C구간에 포함되는 샘플에 대한 상관식이고, $N_1=542$ 이다. 그리고 g는 C구간에 해당하는 N_1 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플 인덱스를 의미하며, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.
- [0066] 다음으로, 자기 상관 처리부(230)는 m번째 수신 안테나에서 수신된 P1 심볼 중에서 B구간에 대응하는 샘플들에 대하여 상관 처리를 수행한다(S340).
- [0067] 도 5는 도 3의 S340 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0068] 도 5에 나타난 것처럼, 자기 상관 처리부(230)는 A구간의 후치 구간(도 5에서는 "A-2" 구간으로 표시함)에 속하는 샘플들을 B구간에 대응되는 샘플들과 상관처리한다.
- [0069] S340 단계를 수학식으로 표현하면 다음의 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$D_m^2(g, \epsilon_m) = \sum_{n=g}^{N_2-1+g} y_m(n+m+2N_1) y_m^*(n+m+2N_1+N_2), m=1,2,\dots,N_r$$

- [0070]
- [0071] 수학식 5는 m번째 수신 안테나에서 B구간에 포함되는 샘플에 대한 상관식이고, $N_2=482$ 이다. 그리고 g는 B구간에 해당하는 N_2 개의 샘플 중에서 자기 상관을 개시하는 첫번째 샘플을 의미하며, N_r 은 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0072] 수학식 5에 나타낸 것처럼, S340 단계는 수학식 4에 나타낸 S330 단계와 비교할 때 $2N_1$ 개의 샘플 간격으로 떨어뜨려서 상관 처리가 진행된다는 것을 알 수 있다.

[0073] 다음으로 정규화부(240)는 S330 단계와 S340 단계에서 획득한 상관 값들을 정규화시킨다(S350).

[0074] 즉, 정규화부(240)는 수학식 4와 수학식 5에서 각각 획득한 상관 값 $D_m^1(g, \epsilon_m)$, $D_m^2(g, \epsilon_m)$ 값을 이용하여 다음의 수학식 6과 같이 정규화 처리한다.

수학식 6

$$\overline{D}_m(g) = \frac{1}{Q_m(g)} \left| \sum_{i=1}^2 D_m^i(g, \epsilon_m) \right|, m = 1, 2, \dots, N_r$$

[0075]

[0076] 수학식 6은 m번째 수신 안테나의 상관 처리에 대한 정규화 값이다. 여기서, $Q_m(g)$ 는 m번째 수신 안테나의 순간 전력으로 수학식 7과 같이 연산한다.

수학식 7

$$Q_m(g) = \sum_{n=g}^{N_1-1+g} |y_m(n+m+N_1)|^2 + \sum_{n=g}^{N_2-1+g} |y_m(n+m+2N_1+N_2)|^2, m = 1, 2, \dots, N_r$$

[0077]

[0078] 다음으로, 시작점 추출부(250)는 N_r 개의 모든 수신 안테나에 대하여 수학식 6을 통해 획득한 정규화 값을 합산한다(S360).

수학식 8

$$\Omega_p(g) = \sum_{m=1}^{N_r} \overline{D}_m(g)$$

[0079]

[0080] 즉, 시작점 추출부(250)는 수학식 8과 같이, N_r 개의 모든 수신 안테나에 대하여 정규화 값을 합산하고 시간 정렬함으로써 타이밍 매트릭 식을 제안할 수 있다.

[0081] 다음으로, 시작점 추출부(250)는 수학식 9와 같이 정규화 합산 값이 최대가 되도록 하는 샘플 인덱스(g)를 추출하고, 추출된 샘플을 수신 프레임의 시작점으로 판단한다(S370).

수학식 9

$$\hat{\delta} = \arg \max_g \Omega_p(g)$$

[0082]

[0083] 수학식 9에서 $\hat{\delta}$ 는 추정된 시간 동기화 오차로서, 추정된 수신 프레임의 시작점을 나타내고, g는 정규화 합산 값이 최대일 때의 샘플 번호를 나타낸다.

[0084] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 프레임 시작점 탐지 방법과 기존 방법의 자기 상관값에 대한 타이밍 매트릭스

를 비교한 그래프이다.

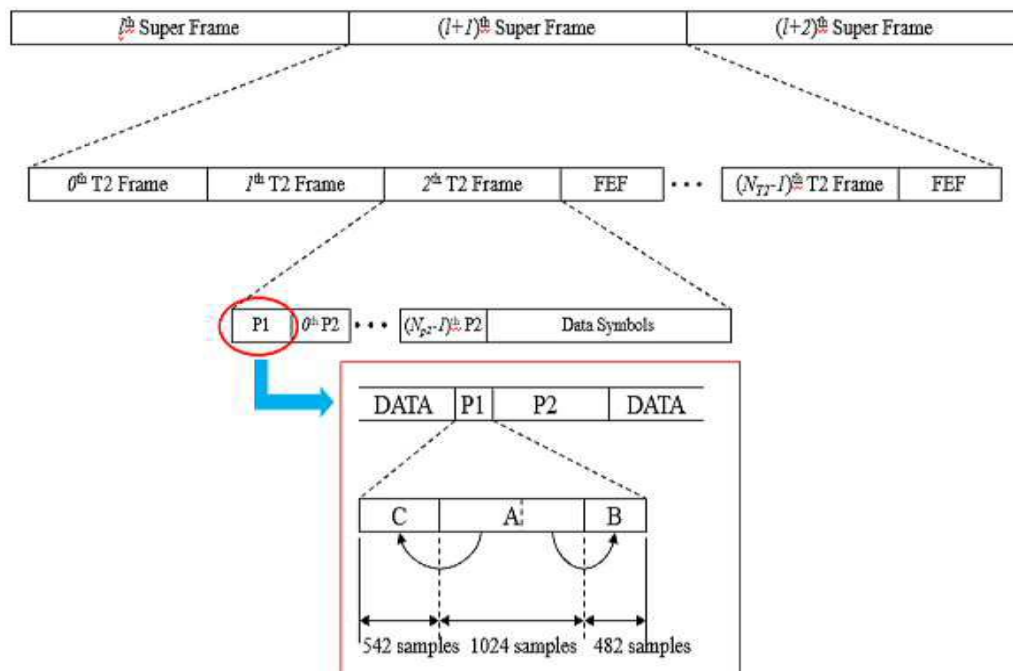
- [0085] 도 6에서는 본 발명의 실시예에서 제안하는 프레임 시작점 탐지 방법은 실선(Proposed)이고, 기존의 프레임 시작점 탐지 방법은 점선(Conventional)으로 나타낸다. 또한, 도 6의 (a) 내지 (d)는 SNR의 크기를 각각 0dB, 5dB, 10dB, 30dB로 변경하면서 실험한 결과를 나타낸다.
- [0086] 도 6에 따른 결과에도 나타났듯이, 본 발명의 실시예에서 제안하는 프레임 시작점 탐지 방법(Proposed)의 그래프 폭이 기존의 프레임 시작점 탐지 방법(Conventional)의 그래프의 폭보다 좁다는 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 프레임 시작점 탐지 방법에 의하면, 기존의 방법에 비해 오차 확률이 적으며, 더욱 명확하게 프레임의 시작점을 탐지할 수 있다는 것을 알 수 있다.
- [0087] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 복잡한 계산 시간에 의해 발생하는 시간 지연 및 회로의 복잡도를 감소시킬 수 있으며, 종래 기술에 비하여 더욱 정확한 타이밍 검출 메트릭을 제공하고, 보다 신뢰성 있는 프레임 시작점을 검출할 수 있는 효과를 가진다.
- [0088] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0089] 200: 프레임 시작점 탐지 장치 210: 통신부
220: 심볼 추출부 230: 상관 처리부
240: 정규화부 250: 시작점 추출부

도면

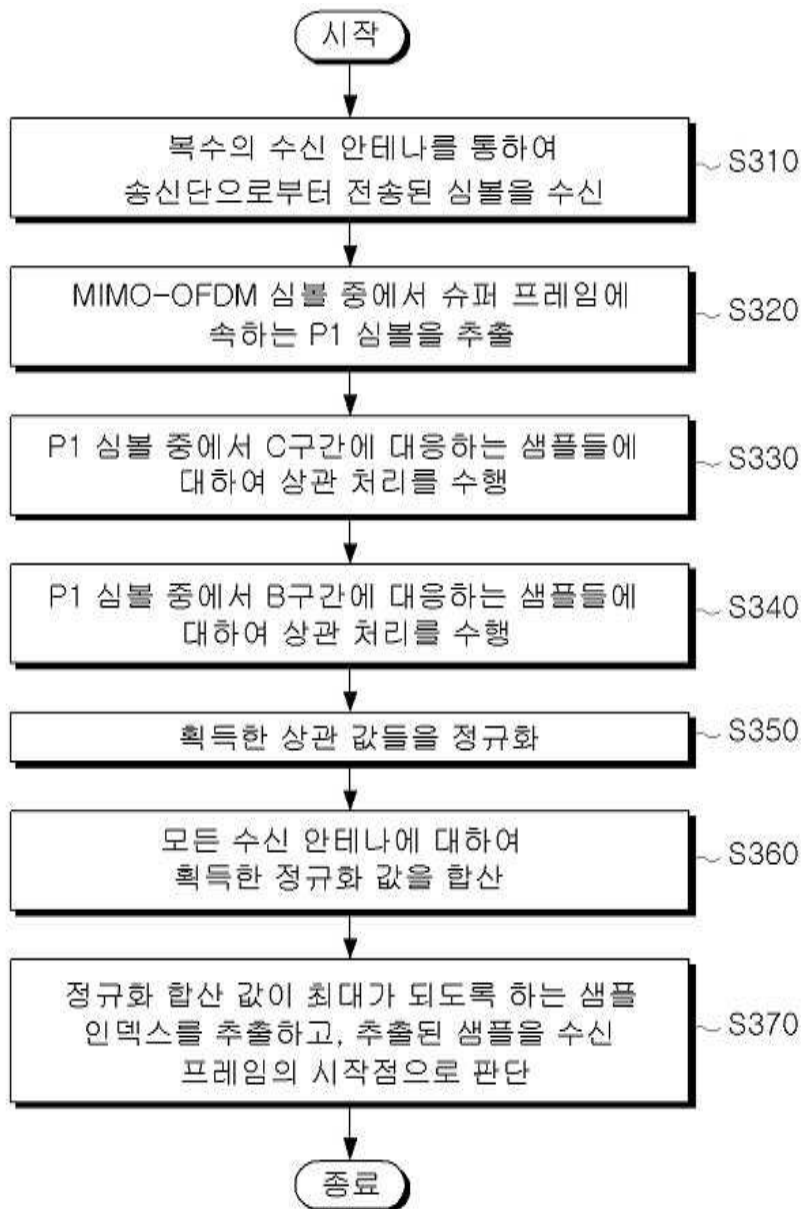
도면1



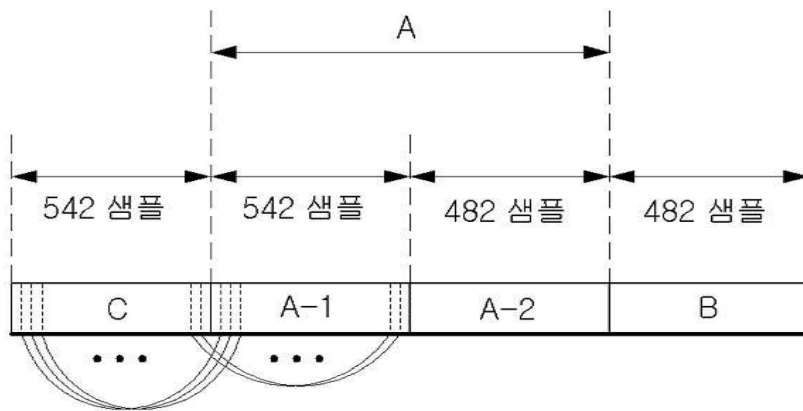
도면2



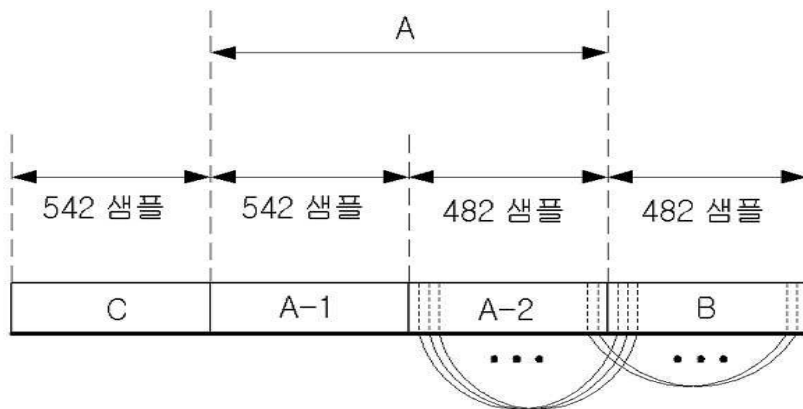
도면3



도면4



도면5



도면6

