(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0091030
(43) 공개일자 2017년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2656 (2013.01)
H04L 27/2691 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0011059
(22) 출원일자 2017년01월24일
심사청구일자 2017년01월24일
(30) 우선권주장
1020160011639 2016년01월29일 대한민국(KR)

(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 10 항

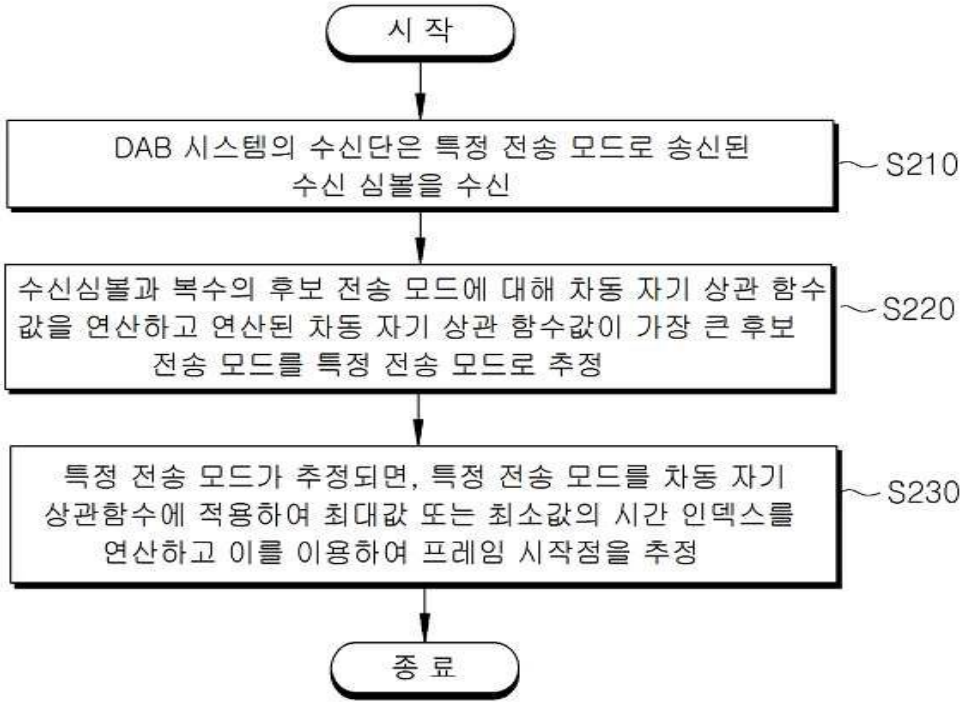
(54) 발명의 명칭 **OFDM 기반의 DAB 시스템 및 그것을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법**

(57) 요 약

본 발명은 OFDM 기반의 DAB 시스템 및 그것을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법에 관한 것으로, OFDM 기반의 DAB 시스템을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법에 있어서, 상기 DAB 시스템의 수신단은 송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신하는 단계, 상기 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS를 추출하고 복수의 후보 전송 모드

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



각각에 대하여 차동 자기 상관 함수값을 연산하고, 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 상기 특정 전송 모드로 추정하는 단계, 그리고 상기 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 상기 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산하고, 상기 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정하는 단계를 포함한다.

본 발명에 따르면, 기존의 전송 모드 및 프레임 시작점 검출 방법과 비교했을 때 보다 신뢰성이 높은 모드 및 프레임 시작점 검출 성능을 확보할 수 있다.

또한, 본 발명에 따르면 전송 모드와 프레임 시작점을 동시에 추정함으로써 빠르고 효율적으로 동기화를 수행할 수 있다.

(52) CPC특허분류
H04L 27/2695 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711032644
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	정보통신기술진행센터
연구사업명	SW중심대학 지원사업
연구과제명	SW중심대학/ ICT/SW창의연구과정
기 여 율	1/1
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2015.10.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

OFDM 기반의 DAB 시스템을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법에 있어서,

상기 DAB 시스템의 수신단은 송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신하는 단계,

상기 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS를 추출하고 복수의 후보 전송 모드 각각에 대하여 차동 자기 상관 함수값을 연산하고, 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 상기 특정 전송 모드로 추정하는 단계, 그리고

상기 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 상기 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산하고, 상기 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정하는 단계를 포함하는 DAB 시스템의 모드 및 프레임 동기 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 특정 전송 모드를 추정하는 단계는,

아래의 수학식을 이용하여 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)을 연산하고, 상기 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)이 최대 값을 가지는 상기 특정 전송 모드를 추정하는 DAB 시스템의 모드 및 프레임 동기 방법:

$$\Psi_{m,p}(n) = \frac{1}{N_p - 1}\left|\sum_{l=0}^{N_p-2} \overline{c_p^*}(l) r_m^*(n+l) r_m(n+l+1)\right| + \frac{1}{N_p - 1}\sum_{l=0}^{N_p-2} |r_m(n+l)|\,|r_m(n+l+1)|$$

$$\hat{m} = \arg\max_p \{\Psi_{m,p}(n)\}$$

여기서, m은 상기 특정 전송 모드, p는 복수의 후보 전송 모드, r_m은 제m 모드로 전송된 수신 신호, n은 수신된 신호의 시간 인덱스, N_p는 모드 p의 널 심볼 구간에 해당하는 샘플수, $C_p(l)$ 은 PRS를 구성하는 l번째 샘플, $\overline{c_p^*}(l)$ 는 $C_p^*(l)C_p(l+1)$을 나타내며, $\hat{m}$ 는 추정된 특정 전송 모드를 나타낸다.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 프레임 시작점을 추정하는 단계는,

아래의 수학식을 통해 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최대 값을 가지도록 하는 n값인 제1 시간 인덱스($\hat{n}_{\hat{m}}^{1}$)를 연산하여 프레임 시작점으로 추정하는 DAB 시스템의 모드 및 프레임 동기 방법.

$$\widehat{n^{1}_{\hat{m}}} = \mathrm{argmax}_{n}\{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 프레임 시작점을 추정하면, 아래의 수학식을 만족하는 경우 프레임 시작점을 확정하고, 만족하지 않는 경우 프레임 추정치 검출 실패로 판단하는 단계를 더 포함하는 DAB 시스템의 모드 및 프레임 동기 방법:

$$N_m - 1 \le \hat{n}^{1}_{\hat{m}} - \hat{n}^{2}_{\hat{m}} \le N_m^{null}$$

여기서 N_m은 제m 모드에서 데이터 심볼을 구성하는 샘플 수, $\hat{n}^{1}_{\hat{m}}$ 은 제1 시간 인덱스, $\hat{n}^{2}_{\hat{m}}$은 제2 시간 인덱스, N_m^{null} 은 제m 모드에서 널 심볼을 구성하는 샘플 수를 나타낸다.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 판단하는 단계는,

상기 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 상기 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최소 값을 가지도록 하는 n값인 제2 시간 인덱스($\widehat{n^{2}_{\hat{m}}}$)를 연산하는 DAB 시스템의 모드 및 프레임 동기 방법.

$$\widehat{n^{2}_{\hat{m}}} = \mathrm{argmin}_{n}\{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

청구항 6

OFDM을 기반으로 하는 DAB 시스템에 있어서,

송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신하는 수신부,

상기 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS를 추출하고 차동 자기 상관 함수에 적용하여 복수의 후보 전송 모드 각각에 대하여 차동 자기 상관 함수값을 연산하고, 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 상기 특정 전송 모드로 추정하는 전송모드 추정부, 그리고

상기 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 상기 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산하고, 상기 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정하는 프레임 시작점 추정부를 포함하는 DAB 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 전송 모드 추정부는,

아래의 수학식을 이용하여 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)을 연산하고, 상기 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)이 최대 값을 가지는 상기 특정 전송 모드를 추정하는 DAB 시스템:

$$\Psi_{m,p}(n) = \frac{1}{N_p - 1}\left|\sum_{l=0}^{N_p-2} \overline{c_p^*}(l) r_m^*(n+l) r_m(n+l+1)\right| + \frac{1}{N_p - 1}\sum_{l=0}^{N_p-2} |r_m(n+l)|\,|r_m(n+l+1)|$$

$$\hat{m} = \arg\max_p \{\Psi_{m,p}(n)\}$$

여기서, m은 상기 특정 전송 모드, p는 복수의 후보 전송 모드, r_m은 제m 모드로 전송된 수신 신호, n은 수신된 신호의 시간 인덱스, N_p는 모드 p의 널 심볼 구간에 해당하는 샘플수, $C_p(l)$ 은 PRS를 구성하는 l번째 샘플, $\overline{c_p^*}(l)$ 는 $C_p^*(l)C_p(l+1)$을 나타내며, $\hat{m}$ 는 추정된 특정 전송 모드를 나타낸다.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 프레임 시작점 추정부는,

아래의 수학식을 통해 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최대 값을 가지도록 하는 n값인 제1 시간 인덱스($\hat{n}^1_{\hat{m}}$)를 연산하여 프레임 시작점으로 추정하는 DAB 시스템.

$$\hat{n}^1_{\hat{m}} = \arg\max_n \{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 프레임 시작점 추정부는,

상기 프레임 시작점을 추정하면, 아래의 수학식을 만족하는 경우 프레임 시작점을 확정하고, 만족하지 않는 경우 프레임 추정치 검출 실패로 판단하는 DAB 시스템:

$$N_m - 1 \le \hat{n}^1_{\hat{m}} - \hat{n}^2_{\hat{m}} \le N_m^{null}$$

여기서 N_m은 제m 모드에서 데이터 심볼을 구성하는 샘플 수, $\hat{n}^1_{\hat{m}}$ 은 제1 시간 인덱스, $\hat{n}^2_{\hat{m}}$은 제2 시간 인덱스, N_m^{null} 은 제m 모드에서 널 심볼을 구성하는 샘플 수를 나타낸다.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 프레임 시작점 추정부는,

상기 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 상기 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최소 값을 가지도록 하는 n값인 제2 시간 인덱스($\hat{n}^2_{\hat{m}}$)를 연산하는 DAB 시스템.

$$\widehat{n_{\tilde{m}}^{2}} = \operatorname{argmin}_{n}\{\Psi_{m,\tilde{m}}(n)\}$$

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 OFDM 기반의 DAB 시스템 및 그것을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 DAB 시스템의 수신단에서 수신받은 프레임의 전송 모드와 프레임 시작점을 동시에 추정하는 OFDM 기반의 DAB 시스템 및 그것을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 디지털 오디오 방송 시스템(DAB: Digital Audio Broadcasting)은 음성 방송의 디지털화가 진행됨에 따라 CD 수준의 고품질 음성은 물론 문자나 그래픽 동화상까지 데이터 전송이 가능한, AM/FM 과 같은 아날로그 방송의 한계를 극복한 방송 시스템이다.

[0003] 이와 같은 DAB 시스템 중에서 유럽을 포함한 세계 여러 나라에서 Eureka-147 DAB 시스템을 차세대 디지털 라디오의 국제 표준으로 채택하고 있다.

[0004] Eureka-147 DAB 시스템은 다중경로 페이딩 채널에 의한 ISI(Inter-Symbol Interference)의 영향을 완화시키기 위해 OFDM 변조방식을 채택하여 사용한다. 즉, DAB 시스템에서 OFDM 전송 기술을 사용함으로써, 성능에 민감한 영향을 끼칠 수 있는 모드 및 프레임 동기화 과정이 주요 관점으로 자리 잡고 있다.

[0005] OFDM 기반의 DAB 시스템에서 동기화 채널은 각 DAB 프레임마다 널심볼과 PRS (Phase Reference Symbol)로 구성되어있으며, 수신기에서 복조는 각 프레임 단위로 이루어진다.

[0006] DAB 시스템은 총 네 가지의 전송 모드로 전송이 이루어지며, 각각의 전송 모드는 다른 크기의 널 심볼을 전송하기 때문에, 에너지비가 최소가 되는 위치와 최대가 되는 위치 사이의 시간 인덱스를 이용하여 전송 모드를 결정한다. 예를 들어 모드 m이 전송 되었다고 가정했을 때, 수신단에서 모드 p에 해당하는 병렬 브랜치에서 수신 신호의 전력차를 정의한 것은 다음 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0007]
$$\Omega_{m,p}(n) = \frac{\sum_{l=0}^{N_p^{null}} \left| r_m(n + N_p^{null}) \right|^2}{\sum_{l=0}^{N_p^{null}} \left| r_m(n+l) \right|^2}$$

[0008] 여기서 N_p^{null}은 모드 p의 널 심볼 구간에 해당하는 샘플수를 나타낸다. 길이가 N_p^{null}개인 두 윈도우의 전력비는 널심볼이 슬라이딩 윈도우 안에 해당될 경우에 최소 또는 최대값을 가지게 된다. 이를 이용하면 수신단에서 모드 p에서의 $\Omega_{m,p}(n)$의 값의 최대 값과 최소 값을 주는 시간 인덱스는 각각 수학식 2, 수학식 3과 같다.

수학식 2

[0009]
$$\widehat{n_p^{1}} = \operatorname{argmax}\{\Omega_{m,p}(n)\}$$

수학식 3

[0010] $$\widehat{n_p^2} = \arg\min\{\Omega_{m,p}(n)\}$$

[0011] 상기 수학식 2와 3을 이용하면 전송 모드는 다음 수학식 4와 같이 추정된다.

수학식 4

[0012] $$\widehat{m} = \arg\min\left|\widehat{n_p^1} - \widehat{n_p^2} - N_p^{null}\right|$$

[0013] 그리고 전송 모드가 추정되면 이에 해당하는 대략적인 프레임 추정치는 $\widehat{n}^1_{\widehat{m}}$이 된다.

[0014] 이와 같은 동기화 과정에서 널 심볼 검출 기반의 프레임 동기화 기법은 낮은 SNR 조건에서는 적합하지 않은 기법이다. 즉, 시간 및 주파수 동기화 과정은 전송 모드가 검출된 이후에 수행되며, 높은 잡음 전력에 의해 올바른 프레임 동기화 추정을 할 수 없기 때문이다.

[0015] 그러므로 DAB 시스템에서는 PRS를 이용하여 올바른 동기화 과정을 수행하며, 모드 검출과 동시에 프레임 시작점을 추정할 수 있는 기술이 요구된다.

[0016] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 국내등록특허 제 10-0864858호(2008.10.23 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 DAB 시스템의 수신단에서 수신받은 프레임의 전송 모드와 프레임 시작점을 동시에 추정하는 OFDM 기반의 DAB 시스템 및 그것을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, OFDM 기반의 DAB 시스템을 이용한 모드 및 프레임 동기 방법에 있어서, 상기 DAB 시스템의 수신단은 송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신하는 단계, 상기 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS를 추출하고 복수의 후보 전송 모드 각각에 대하여 차동 자기 상관 함수값을 연산하고, 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 상기 특정 전송 모드로 추정하는 단계, 그리고 상기 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 상기 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산하고, 상기 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정하는 단계를 포함한다.

[0019] 상기 특정 전송 모드를 추정하는 단계는, 아래의 수학식을 이용하여 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)을 연산하고, 상기 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)이 최대 값을 가지는 상기 특정 전송 모드를 추정할 수 있다.

$$\Psi_{m,p}(n) = \frac{1}{N_p - 1}\left|\sum_{l=0}^{N_p-2} \overline{c_p^*}(l) r_m^*(n+l) r_m(n+l+1)\right| + \frac{1}{N_p - 1}\sum_{l=0}^{N_p-2}\left|r_m(n+l)\right|\left|r_m(n+l+1)\right|$$

[0020] $$\widehat{m} = \arg\max_p\{\Psi_{m,p}(n)\}$$

[0021] 여기서, m은 상기 특정 전송 모드, p는 복수의 후보 전송 모드, r_m은 제m 모드로 전송된 수신 신호, n은 수신된 신호의 시간 인덱스, N_p는 모드 p의 널 심볼 구간에 해당하는 샘플수, $C_p(l)$ 은 PRS를 구성하는 l번째 샘플, $\overline{c_p^*(l)}$ 는 $C_p^*(l)C_p(l+1)$을 나타내며, $\hat{m}$ 는 추정된 특정 전송 모드를 나타낸다.

[0022] 상기 프레임 시작점을 추정하는 단계는, 아래의 수학식을 통해 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최대 값을 가지도록 하는 n값인 제1 시간 인덱스($\widehat{n^1_{\hat{m}}}$)를 연산하여 프레임 시작점으로 추정할 수 있다.

[0023]
$$\widehat{n^1_{\hat{m}}} = \mathrm{argmax}_n\{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

[0024] 상기 프레임 시작점을 추정하면, 아래의 수학식을 만족하는 경우 프레임 시작점을 확정하고, 만족하지 않는 경우 프레임 추정치 검출 실패로 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0025]
$$N_m - 1 \le \hat{n}^1_{\hat{m}} - \hat{n}^2_{\hat{m}} \le N_m^{null}$$

[0026] 여기서 N_m은 제m 모드에서 데이터 심볼을 구성하는 샘플 수, $\hat{n}^1_{\hat{m}}$ 은 제1 시간 인덱스, $\hat{n}^2_{\hat{m}}$은 제2 시간 인덱스, N_m^{null} 은 제m 모드에서 널 심볼을 구성하는 샘플 수를 나타낸다.

[0027] 상기 판단하는 단계는, 상기 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 상기 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최소 값을 가지도록 하는 n값인 제2 시간 인덱스($\widehat{n^2_{\hat{m}}}$)를 연산할 수 있다.

[0028]
$$\widehat{n^2_{\hat{m}}} = \mathrm{argmin}_n\{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

[0029] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신하는 수신부, 상기 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS를 추출하고 차동 자기 상관 함수에 적용하여 복수의 후보 전송 모드 각각에 대하여 차동 자기 상관 함수값을 연산하고, 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 상기 특정 전송 모드로 추정하는 전송모드 추정부, 그리고 상기 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 상기 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산하고, 상기 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정하는 프레임 시작점 추정부를 포함한다.

발명의 효과

[0030] 본 발명에 따르면, 기존의 전송 모드 및 프레임 시작점 검출 방법과 비교했을 때 보다 신뢰성이 높은 모드 및 프레임 시작점 검출 성능을 확보할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명에 따르면 전송 모드와 프레임 시작점을 동시에 추정함으로써 빠르고 효율적으로 동기화를 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 DAB 시스템의 수신단을 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 DAB 시스템의 전송 모드 및 프레임 시작점을 추정하는 방법을 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 DAB 모드 II 전송시 수신기 모드에 따른 차동 자기 상관함수 값을 비교한 그래

프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 DAB 모드 II에서 프레임 및 모드 검파 확률을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 DAB 모드 III에서 프레임 및 모드 검파 확률을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0036] 이하에서는 도 1을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 DAB 시스템의 수신단에 대해서 살펴본다. 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 DAB 시스템의 수신단을 도시한 구성도이다.

[0037] 도 1에 도시한 바와 같이, DAB 시스템의 수신단(100)은 수신부(110), 전송모드 추정부(120) 및 프레임 시작점 추정부(130)를 포함한다.

[0038] 수신부(110)는 송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신한다.

[0039] 전송모드 추정부(120)는 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS(Phase Reference Symbol)를 추출하고 수신 심볼과 복수의 후보 전송 모드에 대해서 각각 차동 자기 상관 함수값을 연산한다.

[0040] 그리고 전송모드 추정부(120)는 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 송신단으로부터 수신된 특정 전송 모드로 추정한다.

[0041] 프레임 시작점 추정부(130)는 전송모드 추정부(120)에서 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산한다. 그리고 프레임 시작점 추정부(130)는 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정한다.

[0042] 이하에서는 도 2를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 기반의 DAB 시스템의 수신단이 수신 심볼의 전송 모드 및 프레임을 추정하는 과정에 대해서 살펴본다.

[0043] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 DAB 시스템의 전송 모드 및 프레임 시작점을 추정하는 방법을 나타낸 순서도이다.

[0044] 먼저, DAB 시스템의 수신단(100)은 송신단으로부터 특정 전송 모드로 송신된 수신 심볼을 수신한다(S210).

[0045] 다음으로, 수신단(100)은 수신 심볼에서 널 심볼과 PRS를 추출하고 복수의 후보 전송 모드 각각에 대하여 차동 자기 상관 함수값을 연산하고, 연산된 차동 자기 상관 함수값이 가장 큰 후보 전송 모드를 특정 전송 모드로 추정한다(S220).

[0046] 이하에서는 설명의 편의상 제m 모드는 송신단이 송신된 수신 심볼의 특정 전송 모드이고 p 모드는 DAB 시스템에서 사용되는 네가지의 후보 전송 모드 중의 하나를 나타내는 것으로 표현한다.

[0047] 수신단(100)은 수신 심볼과 복수의 후보 전송 모드 각각에 대해서 다음의 수학식 5에 적용하여 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)을 연산한다.

수학식 5

$$\Psi_{m,p}(n) = \frac{1}{N_p - 1}\left|\sum_{l=0}^{N_p-2} \overline{c_p^*}(l) r_m^*(n+l) r_m(n+l+1)\right| + \frac{1}{N_p - 1}\sum_{l=0}^{N_p-2} |r_m(n+l)|\,|r_m(n+l+1)|$$

[0048] $$\hat{m} = \arg\max_p \{\Psi_{m,p}(n)\}$$

[0049] 여기서, m은 특정 전송 모드, p는 복수의 후보 전송 모드, r_m은 제m 모드로 전송된 수신 신호, n은 수신된 신호의 시간 인덱스, N_p는 모드 p의 널 심볼 구간에 해당하는 샘플수, $C_p(l)$ 은 PRS를 구성하는 l번째 샘플, $\overline{c_p^*}(l)$는 $C_p^*(l)C_p(l+1)$을 나타내며, $\hat{m}$는 추정된 특정 전송 모드를 나타낸다.

[0050] 그리고 r*는 r의 켤레 복소수를 나타내는 수학식으로 실수와 허수로 이루어진 복소수 r에 대하여 허수 부분의 부호를 바꾼 복소수를 나타낸다.

[0051] 이때, 각 후보 전송 모드별로 파라미터값은 아래 표 1과 같다.

표 1

System parameter	Transmission Mode			
	I	II	III	IV
Frame duration	96ms	24ms	24ms	48ms
Null symbol duration	1297μs	324μs	168μs	648μs
Guard interval duration	246μs	62μs	31μs	123μs
Nomial maximun transmitter separation for SFN	96km	24km	12km	48km
Nominal Frequency range(for mobile reception)	≤375MHz	≤1.5GHz	≤3GHz	≤1.5GHz
Speed/coverage trade-off	No	No	No	Yes
Useful symbol duration	1ms	250μs	125μs	500μs
Total symbol duration	1246μs	312μs	156μs	623μs
No. of radiated carriers	1536	384	192	768

[0052]

[0053] 즉, 수신단(100)은 수학식 5와 같이 수신 심볼과 후보 전송모드간의 상관값의 크기

($\frac{1}{N_p-1}\left|\sum_{l=0}^{N_p-2}\overline{c_p^*}(l)r_m^*(n+l)r_m(n+l+1)\right|$)와 수신 심볼의 파워 값($\frac{1}{N_p-1}\sum_{l=0}^{N_p-2}|r_m(n+l)||r_m(n+l+1)|$)을 함께 연산하여 차동 자기 상관 함수값을 구한다.

[0054] 상세하게는, 수신단(100)은 네 가지 후보전송 모드 각각에 대하여 수신심볼과 차동 자기 상관 함수에 적용하여 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)을 연산한다. 이때, N_p가 전송된 특정 모드의 널 심볼 구간의 샘플수와 일치할 경우(p 모드 =제m 모드 인 경우) 차동 자기 상관 함수값이 최대가 된다.

[0055] 그러므로 같은 전송 모드인 경우 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)이 최대가 되기 때문에, 수신단(100)은 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,p}$)이 최대 값을 가지는 후보 전송모드를 특정 전송 모드로 추정한다.

[0056] 다음으로, 수신단(100)은 특정 전송 모드가 추정되면, 추정된 특정 전송 모드를 차동 자기 상관 함수에 적용하여 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 연산하고, 최대값 또는 최소값의 시간 인덱스를 이용하여 프레임 시작점을 추정한다(S230).

[0057] 수신단(100)은 다음의 수학식6을 통해 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 차동 자기 상관 함수값 ($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최대 값을 가지도록 하는 n값인 제1 시간 인덱스($\hat{n}^1_{\hat{m}}$)를 연산한다.

수학식 6

[0058]
$$\hat{n}^1_{\hat{m}} = \arg\max_n\{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

[0059] 그리고 수신단(100)은 제1 시간 인덱스($\hat{n}^1_{\hat{m}}$)를 프레임 시작점으로 추정한다.

[0060] 한편, 수신단(100)은 프레임 시작점을 추정하면, 추정된 프레임 시작점을 정확하게 추정된 건지 검증 단계를 거쳐 프레임 시작점을 확정할 수 있다.

[0061] 즉, 특정 전송 모드가 정확하게 검지되면 최대 자기 상관 함수값은 널 심볼 구간의 시작점(plateau 시작점)에서 N_m^{null} 샘플 후에 발생하고 널심볼의 끝부분(plateau 끝부분을 기준으로 N_m 샘플 후에 발생함을 확인할 수 있다. 이와 같은 특징을 이용하여 수신단(100)은 다음 수학식 7을 만족하는 경우, 추정된 프레임 시작점을 확정할 수 있다.

수학식 7

[0062]
$$N_m - 1 \le \hat{n}^1_{\hat{m}} - \hat{n}^2_{\hat{m}} \le N_m^{null}$$

[0063] 여기서 N_m은 제m 모드에서 데이터 심볼을 구성하는 샘플 수, $\hat{n}^1_{\hat{m}}$ 은 제1 시간 인덱스, $\hat{n}^2_{\hat{m}}$은 제2 시간 인덱스, N_m^{null} 은 제m 모드에서 널 심볼을 구성하는 샘플 수를 나타낸다.

[0064] 여기서, 수신단(100)은 수학식 8을 이용하여 추정된 특정 전송 모드($\hat{m}$)에서 차동 자기 상관 함수값

($\Psi_{m,\hat{m}}(n)$)이 최소 값을 가지도록 하는 n값인 제2 시간 인덱스($\widehat{n^2_{\hat{m}}}$)를 연산한다.

수학식 8

[0065] $$\widehat{n^2_{\hat{m}}} = \mathrm{argmin}_n \{\Psi_{m,\hat{m}}(n)\}$$

[0066] 상세하게 설명하면, 수신 심볼은 동기화 채널과 복수개의 데이터 심볼로 크게 분류되는 데, 동기화 채널은 각 DAB 프레임 마다 널 심볼과 PRS로 구성된다.

[0067] 수신 심볼의 맨 처음의 심볼은 동기화 채널의 널 심볼로 N_p^{null}개의 샘플 수로 구성되며, 한 개의 데이터 심볼은 L_m개의 샘플로 구성된 순환 보호구간(cp: cyclic prefix)와 N_p개의 샘플로 구성된다.

[0068] 이때, DAB 시스템의 표준 규정에 따르면 네 가지의 전송 모드는 모두 널 심볼의 크기가 데이터 심볼의 크기보다 크기 때문에 제1 시간 인덱스와 제2 시간 인덱스의 차이 값은 널 심볼을 구성하는 샘플 수 보다 작은 값을 가지며, 제m모드에서 데이터 심볼의 샘플수 에서 1을 뺀 값보다 큰 값을 가져야 한다.

[0069] 이와 같이 수신단(100)은 수학식 7을 만족하는 경우, 프레임 시작점을 확정하고, 만족하지 않는 경우 프레임 시작점 검출 실패로 판단한다.

[0070] 이하에서는 도 3내지 도 5를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 DAB 시스템의 전송 모드 및 프레임을 추정한 결과를 비교한 그래프를 살펴본다.

[0071] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 DAB 모드 II 전송시 수신기 모드에 따른 차동 자기 상관함수 비교한 그래프이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 DAB 모드 II에서 프레임 및 모드 검파 확률을 나타낸 그래프이며, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 DAB 모드 III에서 프레임 및 모드 검파 확률을 나타낸 그래프이다.

[0072] 도 3에 나타난 바와 같이, DAB 시스템에서 모드 II로 전송한 경우, 도 3의 (a)는 수신단에서 모드 II(후보 수신 모드)과 수신 심볼과의 차동 자기 상관 함수를 나타낸 그래프이고, 도 3의(b)는 수신단에서 모드 III(후보 수신 모드)과 에서 수신 심볼과의 차동 자기 상관함수를 나타낸 그래프이다.

[0073] 여기서, 차동 자기 상관 함수는 앞서 설명한 수학식 5를 이용하였다.

[0074] 도 3의 (a)를 보면, 송신 모드와 수신 모드가 일치한 경우에는 x 축(Time lag[sample])의 값이 500~600에 해당되는 구간이 평평한 그래프로 나타낸 것을 알 수 있다. 다시 말해 널 심볼 구간에 해당하는 일정한 평평한 구간(Plateau)가 발생함을 보이지만, 도 3의 (b)와 같이 송신모드와 수신 모드가 일치하지 않는 경우, 해당 구간이 나타나지 않는 것을 알 수 있다.

[0075] 도 4는 전송 모드 II의 경우에 각각 RA 채널(Rural Area)과 HT 채널(Hilly Terrain) 환경에서 전송 모드 및 프레임 시작점 검출 확률을 나타낸 그래프이고, 도 5는 전송 모드 III의 경우 각각 RA 채널과 HT 채널 환경에서 전송 모드 및 프레임 시작점 검출 확률을 나타낸 그래프이다.

[0076] 도 4 및 도 5와 같이, 기존의 방식(+: conventional A, *: conventional B)는 SNR 이 증가하여도 검출 확률이 100%에 근접하지 않는 반면, 본 발명에서 제안하는 방법(o: proposed)은 SNR값이 일정이상이 되면 100% 검출 확률을 가진다.

[0077] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 전송 모드 및 프레임 시작점 검출 방법과 비교했을 때 보다 신뢰성이 높은 모드 및 프레임 시작점 검출 성능을 확보할 수 있다.

[0078] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면 전송 모드와 프레임 시작점을 동시에 추정함으로써 빠르고 효율적으로 동기화를 수행할 수 있다.

[0079] 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.

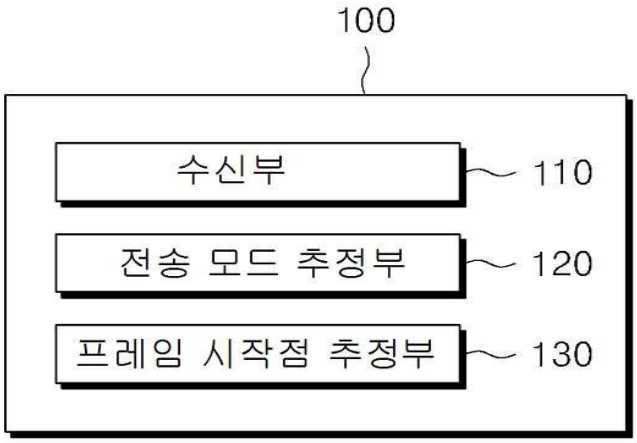
부호의 설명

[0080] 100: DAB 시스템 110: 수신부

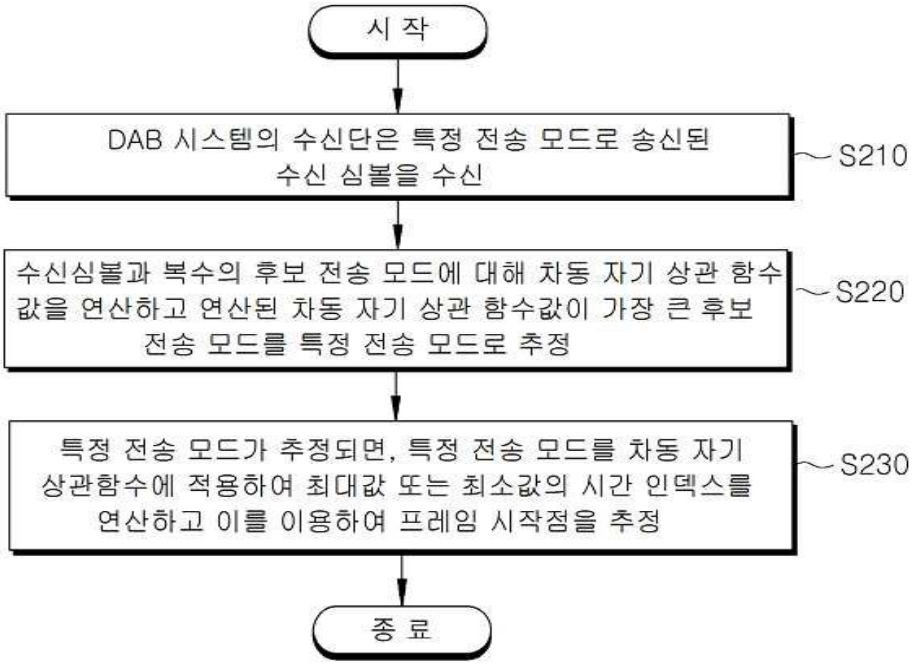
120: 전송 모드 추정부 130: 프레임 시작점 추정부

도면

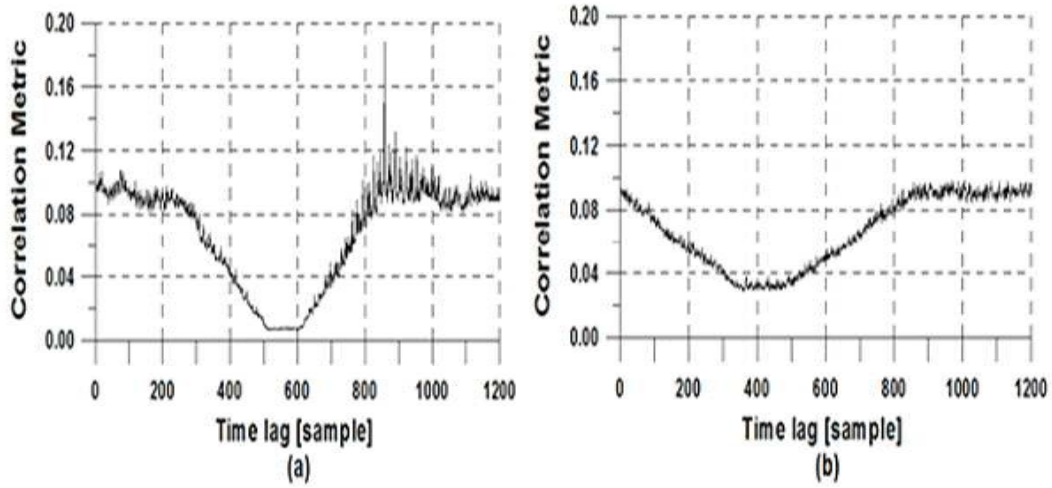
도면1



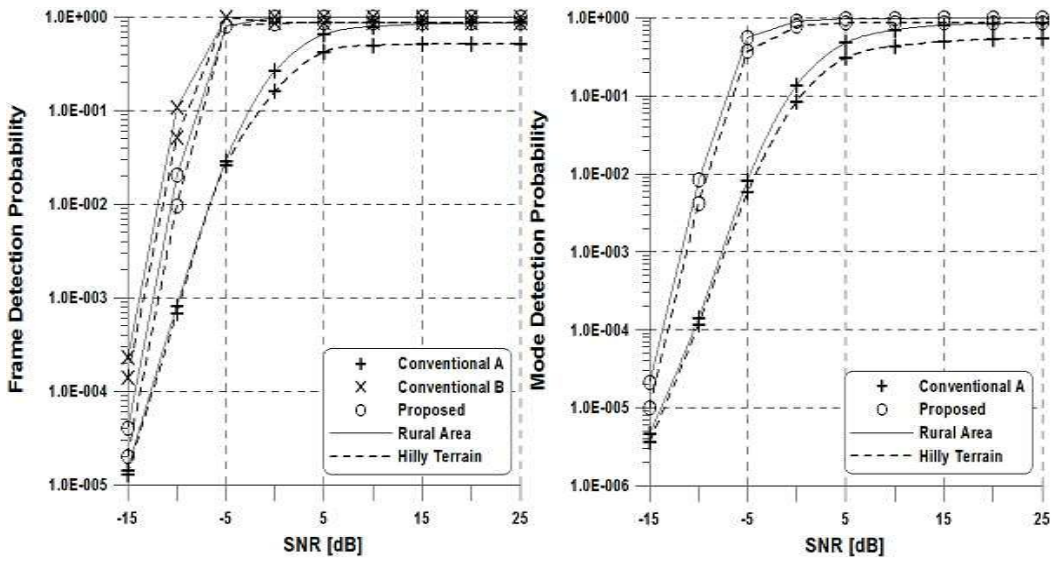
도면2



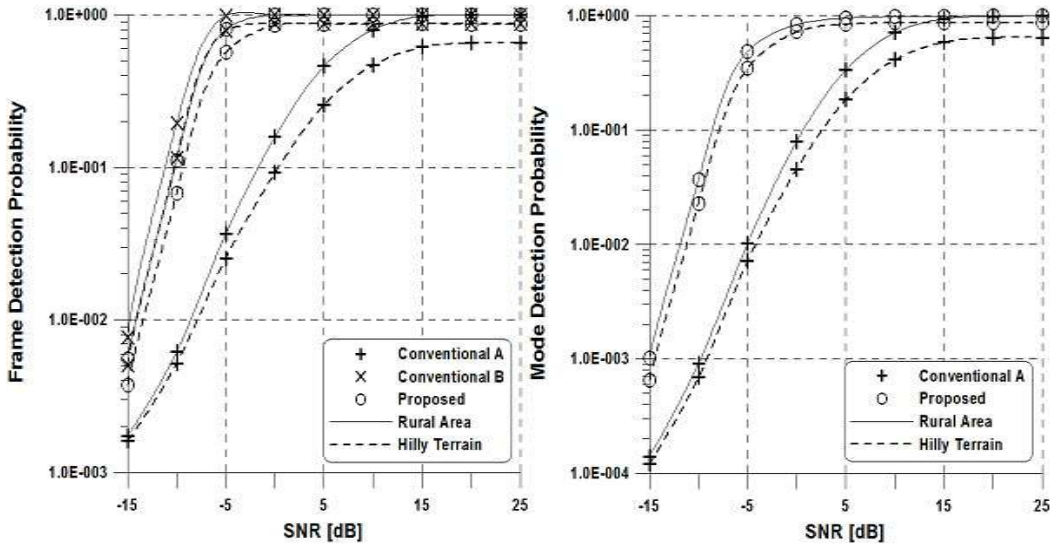
도면3


Correlation Metric
0.20
0.16
0.12
0.08
0.04
0.00
0
200
400
600
800
1000
1200
Time lag [sample]
(a)
(b)

도면4


Frame Detection Probability
Mode Detection Probability
1.0E+000
1.0E-001
1.0E-002
1.0E-003
1.0E-004
1.0E-005
1.0E-006
-15
-5
5
15
25
SNR [dB]
Conventional A
Conventional B
Proposed
Rural Area
Hilly Terrain

도면5


Frame Detection Probability
Mode Detection Probability
1.0E+000
1.0E-001
1.0E-002
1.0E-003
1.0E-004
-15
-5
5
15
25
SNR [dB]
Conventional A
Conventional B
Proposed
Rural Area
Hilly Terrain