



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월26일

(11) 등록번호 10-1523149

(24) 등록일자 2015년05월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0168419

(22) 출원일자 2013년12월31일

심사청구일자 2013년12월31일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070087450 A*

JP2009177341 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

유영환

서울 송파구 동남로 225, 105동 302호 (가락동, 래미안파크팰리스)

신원재

인천 계양구 경명대로1029번길 5-9, (계산동)

김병규

서울 성동구 독서당로 156, 8동 202호 (옥수동, 한남하이츠아파트)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 4 항

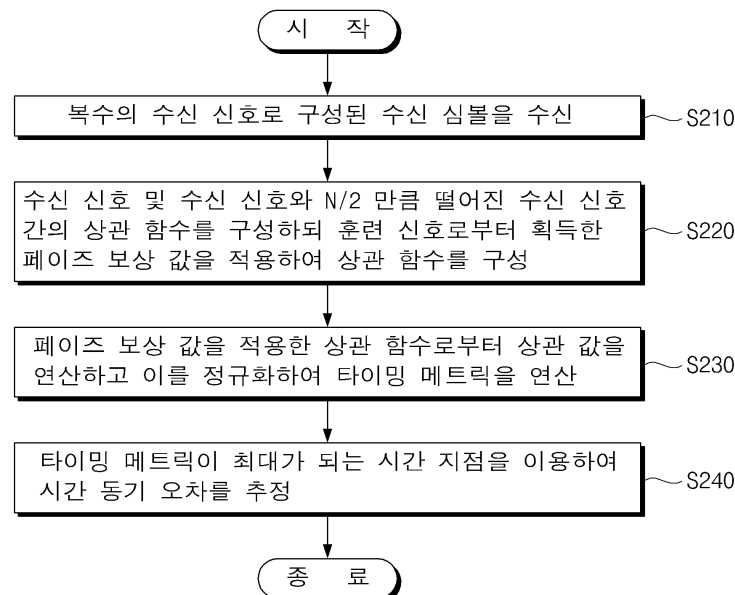
심사관 : 남인호

(54) 발명의 명칭 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 복수의 수신 신호로 구성된 수신 심볼을 수신하는 단계와, 상기 수신 신호 및 상기 수신 신호와 N/2 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 함수를 구성하되 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값을 적용하여 상관 함수를 구성 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



을 상기 상관 함수에 적용하여 구성하는 단계와, 상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수로부터 상관 값을 연산하고, 상기 상관 값을 정규화하여 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구하는 단계, 및 상기 타이밍 메트릭이 최대가 되는 시간 지점을 이용하여 시간 동기 오차를 추정하는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법을 제공한다.

상기 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치에 따르면, 기존의 기법과 달리 특정한 프리앰블 구조 없이도 시간 동기 오차를 추정할 수 있으며 기존 기법과도 유사한 성능을 가지는 이점이 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 SS100009
부처명 서울특별시
연구관리전문기관 서울산업통상진흥원
연구사업명 서울전략산업 지원 사업
연구과제명 그린 네트워크를 이용한 도시환경에 적합한 식물재배 및 생장시스템 개발
기 여 율 1/2
주관기관 솔트웨어(주)
연구기간 2013.12.01 ~ 2014.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10043826
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 SW융합형부품 기술개발사업
연구과제명 스마트환경에서 질환맞춤형 서비스를 위한 2uV급 두발잡음극복형 BMI SoC 및 SW 플랫폼 개발
기 여 율 1/2
주관기관 클레어픽셀(주)
연구기간 2013.11.01 ~ 2014.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

단일 반송파 시스템(WBAN)에서의 초기 동기화 장치를 이용한 초기 동기화 방법에 있어서,

복수의 수신 신호로 구성된 수신 심볼을 수신하는 단계;

상기 수신 신호 및 상기 수신 신호와 $N/2$ (N 은 상기 수신 심볼의 길이) 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 함수를 구성하되, 기 알고 있는 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값을 상기 상관 함수에 적용하여 구성하는 단계;

상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수로부터 상관 값을 연산하고, 상기 상관 값을 정규화하여 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구하는 단계; 및

상기 타이밍 메트릭이 최대가 되는 시간 지점을 이용하여 시간 동기 오차를 추정하는 단계를 포함하며,

상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수 $P(d)$ 는 아래의 수학적식으로 정의되고,

$$P(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2) \cdot Q(k)$$

여기서, d 는 상기 시간 동기 오차의 추정에 사용되는 후보 값, k 는 상기 수신 신호의 인덱스, $r(\cdot)$ 는 수신 신호, $*$ 는 컨쥬게이트 연산, $Q(k)$ 는 상기 페이즈 보상 값이며,

상기 페이즈 보상 값 $Q(k)$ 은 아래의 수학적식으로 연산되는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법:

$$Q(k) = c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) \cdot (-1) \in \{-j, j\}$$

여기서, $c_{pre}(k)$ 및 $c_{pre}(k+N/2)$ 는 기 알고 있는 k 번째 및 $k+N/2$ 번째 훈련 신호이고, (-1) 은 상기 $P(d)$ 값이 음수가 아닌 양수가 되도록 $Q(k)$ 에 곱해지는 보상 값이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 타이밍 메트릭 M 은 아래의 수학적식으로 연산되는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법:

$$M = \frac{|P(d)|^2}{(R(d))^2}, \quad R(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r(d+k+N/2)|^2$$

여기서, $R(d)$ 는 상기 정규화를 위해 사용되는 값이다.

청구항 5

단일 반송파 시스템(WBAN)에서의 초기 동기화 장치에 있어서,

복수의 수신 신호로 구성된 수신 심볼을 수신하는 신호 수신부;

상기 수신 신호 및 상기 수신 신호와 $N/2$ (N 은 상기 수신 심볼의 길이) 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 함수를 구성하되, 기 알고 있는 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값을 상기 상관 함수에 적용하여 구성하는 상관 함수 구성부;

상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수로부터 상관 값을 연산하고, 상기 상관 값을 정규화하여 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구하는 타이밍 메트릭 연산부; 및

상기 타이밍 메트릭이 최대가 되는 시간 지점을 이용하여 시간 동기 오차를 추정하는 시간 동기부를 포함하며, 상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수 $P(d)$ 는 아래의 수학식으로 정의되고,

$$P(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2) \cdot Q(k)$$

여기서, d 는 상기 시간 동기 오차의 추정에 사용되는 후보 값, k 는 상기 수신 신호의 인덱스, $r(\cdot)$ 는 수신 신호, $*$ 는 쾨주게이트 연산, $Q(k)$ 는 상기 페이즈 보상 값이며,

상기 페이즈 보상 값 $Q(k)$ 은 아래의 수학식으로 연산되는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치:

$$Q(k) = c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) \cdot (-1) \in \{-j, j\}$$

여기서, $c_{pre}(k)$ 및 $c_{pre}(k+N/2)$ 는 기 알고 있는 k 번째 및 $k+N/2$ 번째 훈련 신호이고, (-1) 은 상기 $P(d)$ 값이 음수가 아닌 양수가 되도록 $Q(k)$ 에 곱해지는 보상 값이다.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 타이밍 메트릭 M 은 아래의 수학식으로 연산되는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치:

$$M = \frac{|P(d)|^2}{(R(d))^2}, \quad R(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r(d+k+N/2)|^2$$

여기서, $R(d)$ 는 상기 정규화를 위해 사용되는 값이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 단일 반송파 기반의 시스템에서 효율적인 초기 동기화 기법을 제시할 수 있는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근, 고령화 사회의 대비와 복지 사회의 실현을 위해 의료와 IT를 결합한 WBAN(Wireless Body Area Network) 시스템이 주목받고 있다. 이러한 WBAN 시스템은 IEEE 802.15.6의 표준으로 정의되어 있다. WBAN 시스템의 물리

계층에는 협대역(Narrow Band) 물리계층, 초광대역(Ultra Wide Band) 물리계층, 인체 통신(Human body communications) 물리계층이 있으며, 단일 반송파를 주로 사용한다.

[0003] 단일 반송파 기반의 WBAN 시스템은 시간 동기 오차에 민감한 특징을 가진다. 시간 동기 오차는 신호의 시작점의 위치가 어긋나는 것을 의미한다. 시간 동기 오차가 발생하면 혼련 신호 뒤에 전송되는 변조에 필요한 변수 값들을 정확하게 복조할 수 없다. 따라서, 높은 신뢰성이 요구되는 WBAN에서 시간 동기 오차는 반드시 추정 후 보상되어야 한다.

[0004] 기존의 대표적인 시간 동기화 기법으로는 슈미들(Schmidl; Timothy M. Schmidl) 기법 및 파크(Park; Byungjoon Park) 기법이 있다. 우선, 슈미들 기법은 다음의 수학적 식 1과 같은 특정한 프리앰블 구조를 필요로 한다.

수학적 식 1

$$P_{sch} = [A_{N/2} \ A_{N/2}]$$

[0006] 여기서, $A_{N/2}$ 는 $N/2$ 의 길이를 가지는 혼련 심볼을 나타내고, $N/2$ 은 슈미들 기법에 의해 생성된다. 만약 $N=100$ 인 경우, 프리앰블(P_{sch})의 구조는 길이가 50인 동일한 혼련 심볼 2개로 구성된다.

[0007] 이 기법에서 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구하는 식은 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

$$M_{sch} = \frac{|P_1(d)|^2}{(R_1(d))^2}$$

[0009] 여기서, M_{sch} 는 슈미들 기법에 의한 타이밍 메트릭이고, $P_1(d)$ 는 수신 신호 간의 상관 값, $R_1(d)$ 는 상관 값을 정규화하는 데 사용되는 값이다. 수학적 식 2에서 타이밍 메트릭 값이 가장 큰 값을 도출하는 d 값을 심볼의 시작점으로 추정할 수 있다.

[0010] 수학적 식 2에서 $P_1(d)$ 는 아래의 수학적 식 3으로 표현된다.

수학적 식 3

$$P_1(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2)$$

[0012] 여기서, d 는 시간 동기 오차의 추정에 사용되는 후보 값, k 는 수신 신호의 인덱스, $r(\cdot)$ 는 수신 신호, $*$ 는 쾨쥬게이트 연산을 나타낸다. 이는 수신 신호의 켈레 복소수와 $N/2$ 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 값이다. 수학적 식 3에서 d 값을 변화시키면 d 값에 따른 상관 값이 계산된다.

[0013] 여기서 수신 신호의 전력에 변화가 있게 될 경우에도 심볼 동기의 성능에 영향이 없도록 하기 위하여 정규화 과정을 거쳐야 한다. 정규화 과정은 수학적 식 4의 $R_1(d)$ 를 이용한다. 수학적 식 4는 수신 신호의 파워에 대한 식이다.

수학식 4

$$R_1(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r(d+k+N/2)|^2$$

[0014]

[0015]

이러한 수학식 3,4를 수학식 2에 적용하여 타이밍 메트릭을 구하고, 타이밍 메트릭이 가장 큰 값을 도출하는 d를 탐색하면 된다. 그런데 이상과 같은 슈미틀 기법은 도플러 주파수와 다중 경로 페이딩 채널의 영향에 매우 민감하며, 타이밍 메트릭이 완전한 형태를 가지기 때문에 단일 반송파 시스템인 WBAN에서 좋은 성능을 기대하기 어렵다.

[0016]

또 다른 방법으로, 파크 기법은 시간 동기 성능을 높이기 위하여 서로 각기 다른 부반송파에서 다른 프리앰블 데이터를 전송하는 방식이다. 파크 기법이 제안한 프리앰블 구조는 다음의 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$P_{park} = [B_{N/4} \ C_{N/4} \ B_{N/4}^* \ C_{N/4}^*]$$

[0017]

[0018]

파크 기법의 경우, 심볼을 4개로 구분한다. 만약 N=100인 경우, 프리앰블(P_{park})의 구조는 길이가 25인 심볼 4개로 구성된다. 여기서 $B_{N/4}$ 는 PN 시퀀스로 생성된 N/4 길이를 가지는 훈련 신호이다. 여기서 정확한 심볼 타이밍에서는 피크 값을 가지고 그렇지 않은 경우에는 매우 작은 값을 가지는 타이밍 메트릭을 얻기 위하여, $B_{N/4}$ 는 $C_{N/4}$ 과 대칭이 되도록 설계가 된다.

[0019]

파크 기법에서 타이밍 메트릭을 구하는 방법은 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$M_{park} = \frac{|P_2(d)|^2}{(R_2(d))^2}$$

[0020]

[0021]

여기서 $R_2(d)$ 값은 상관 값의 정규화를 위한 것으로서 수학식 4와 동일한 수식을 사용하여 구한다. $P_2(d)$ 는 인접한 두 수신 신호 값 사이의 쌍이 N/2가 되도록 설정하며 수학식 7을 이용한다.

수학식 7

$$P_2(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d-k) \cdot r(d+k)$$

[0022]

[0023]

파크 기법은 $B_{N/4}$ 와 $C_{N/4}$ 가 대칭인 특징을 사용하여, 정확한 심볼 타이밍에 피크 값을 가지고 그렇지 않은 심볼 타이밍에서는 0과 같은 매우 작은 값을 가진다. 따라서 완전한 형태의 타이밍 메트릭을 가지는 슈미틀 기법보다는 가파른 형태를 나타내므로 슈미틀 기법보다는 오차 추정 성능이 우수하다.

[0024]

그러나, 이상과 같은 슈미틀 기법과 파크 기법의 경우, 특정한 프리앰블 구조를 만들어 시간 동기 오차를 추정하는 방식이므로, WBAN과 같이 훈련 신호가 정해져 있는 시스템에서는 적용할 수 없는 단점이 있다.

[0025]

본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2007-0061208호(2007.06.13 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0026] 본 발명은 단일 반송파 기반의 시스템에서 효율적인 초기 동기화 기법을 제시할 수 있는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0027] 본 발명은, 복수의 수신 신호로 구성된 수신 심볼을 수신하는 단계와, 상기 수신 신호 및 상기 수신 신호와 $N/2$ (N 은 상기 수신 심볼의 길이) 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 함수를 구성하되, 기 알고 있는 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값을 상기 상관 함수에 적용하여 구성하는 단계와, 상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수로부터 상관 값을 연산하고, 상기 상관 값을 정규화하여 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구하는 단계, 및 상기 타이밍 메트릭이 최대가 되는 시간 지점을 이용하여 시간 동기 오차를 추정하는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법을 제공한다.

[0028] 여기서, 상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수 $P(d)$ 는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

$$P(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2) \cdot Q(k)$$

[0029]

[0030] 여기서, d 는 상기 시간 동기 오차의 추정에 사용되는 후보 값, k 는 상기 수신 신호의 인덱스, $r(\cdot)$ 는 수신 신호, $*$ 는 쾨주게이트 연산, $Q(k)$ 는 상기 페이즈 보상 값이다.

[0031] 또한, 상기 페이즈 보상 값 $Q(k)$ 은 아래의 수학적식으로 연산될 수 있다.

$$Q(k) = c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) \cdot (-1) \in \{-j, j\}$$

[0032]

[0033] 여기서, $c_{pre}(k)$ 및 $c_{pre}(k+N/2)$ 는 기 알고 있는 k 번째 및 $k+N/2$ 번째 훈련 신호이고, (-1) 은 상기 $P(d)$ 값이 음수가 아닌 양수가 되도록 $Q(k)$ 에 곱해지는 보상 값이다.

[0034] 또한, 상기 타이밍 메트릭 M 은 아래의 수학적식으로 연산될 수 있다.

$$M = \frac{|P(d)|^2}{(R(d))^2}, \quad R(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r(d+k+N/2)|^2$$

[0035]

[0036] 여기서, $R(d)$ 는 상기 정규화를 위해 사용되는 값이다.

[0037] 그리고, 본 발명은 복수의 수신 신호로 구성된 수신 심볼을 수신하는 신호 수신부와, 상기 수신 신호 및 상기 수신 신호와 $N/2$ (N 은 상기 수신 심볼의 길이) 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 함수를 구성하되, 기 알고 있는 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값을 상기 상관 함수에 적용하여 구성하는 상관 함수 구성부와, 상기 페이즈 보상 값을 적용한 상기 상관 함수로부터 상관 값을 연산하고, 상기 상관 값을 정규화하여 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구하는 타이밍 메트릭 연산부, 및 상기 타이밍 메트릭이 최대가 되는 시간 지점을 이용하여 시간 동기 오차를 추정하는 시간 동기부를 포함하는 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0038] 본 발명에 따른 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치에 따르면, 기존의 기법과 달리 특정한 프리앰블 구조 없이도 시간 동기 오차를 추정할 수 있으며 기존 기법과도 유사한 성능을 가지는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치의 구성도이다.

도 2는 도 1을 이용한 초기 동기화 방법의 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 기법과 기존의 기법에 대한 타이밍 메트릭을 비교한 그래프이다.

도 4는 본 실시예의 기법과 기존의 기법에 대한 시간 동기 오차 추정기의 MSE 성능을 각각 600MHz 및 900MHz 대역에서 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0041] 본 발명은 단일 반송파 기반의 WBAN 시스템에서 물리계층의 성능 향상을 위한 초기 동기화 기법을 제안한다. 이러한 본 발명은 기존의 기법들과는 달리 특정한 프리앰블 시퀀스 구조를 필요로 하지 않으며, 기존의 슈미들 기법보다는 높은 성능을, 파크 기법과는 유사한 성능을 기대할 수 있다.

[0042] 본 발명의 상세한 설명에 앞서, 단일 반송파 기반의 시스템에서 시간 및 주파수 동기 오차가 발생한 수신 신호는 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

$$r(k) = \alpha c(k - \eta) e^{j(2\pi\zeta k T_s + \theta)} + w(k) \quad , k = 0, 1 \dots, M-1$$

[0044] 여기서, $r(k)$ 는 수신 신호, k 는 수신 신호의 인덱스, α 는 레일리 분포를 따르는 채널 계수, $c(k)$ 는 M 만큼의 길이를 가지는 DBPSK로 변조된 훈련 신호, T_s 는 샘플링 구간(주기), η 는 발생한 시간 동기 오차, ζ 는 발생한 주파수 동기 오차, θ 는 반송파 위상 정보, $w(k)$ 는 평균이 0인 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN)이다.

[0045] WBAN 시스템에서 훈련 신호는 미리 정해져 있으며, 인접한 훈련 신호 간의 차분 관계는 수학식 9와 같이 정의될 수 있다.

수학식 9

$$c(k) c^*(k-1) = e^{j\phi_k}$$

[0047] 여기서, $\phi_k \in \{\pi/2, 3\pi/2\}$ 는 전송된 이진 비트에 따라 $\pi/2$ 과 $3\pi/2$ 중에서 결정되고, $c(-1) = \exp(j\pi/2)$ 의 값은 훈련 신호의 첫 번째 심벌을 참조할 때 초기 값으로 사용된다. 이상과 같은 WBAN 시스템에서의 수신 신호 모델은 기 공지되어 있으며 보다 상세한 설명은 생략한다.

[0048] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 방법 및 그 장치에 관하여 상세히 설명한다. 본 실시예의 경우 WBAN의 훈련신호의 특징을 이용하여 특정한 프리앰블 없이 시간 동기화를 수행하는 기법을 제안한다.

[0049] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치의 구성도이고, 도 2는 도 1을 이용한 초기 동기화 방법의 흐름도이다.

[0050] 본 발명의 실시예에 따른 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치(100)는 신호 수신부(110), 상관 함수 구성부(120), 타이밍 메트릭 연산부(130), 시간 동기부(140)를 포함한다.

[0051] 먼저, 신호 수신부(110)는 복수의 수신 신호로 구성된 수신 심볼을 수신한다(S210). 수신 심볼은 송신 단에서 변조되어 송신된 신호에 해당된다.

[0052] 이후, 상관 함수 구성부(120)는 상기 수신 신호 및 상기 수신 신호와 $N/2$ (N 은 상기 수신 심볼의 길이) 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 함수를 구성하되, 기 알고 있는 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값을 상기 상관 함수에 적용하여 구성한다(S220). 여기서 훈련 신호는 WBAN 시스템에서 미리 정해져 있는 것으로서 수신단에서

미리 알고 있는 신호에 해당된다.

[0053] 페이즈 보상 값을 적용한 상관 함수 $P(d)$ 는 아래의 수학식 10으로 정의될 수 있다.

수학식 10

$$P(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2) \cdot Q(k)$$

[0054]

[0055]

여기서, d 는 상기 시간 동기 오차의 추정에 사용되는 후보 값, k 는 상기 수신 신호의 인덱스, $r(\cdot)$ 는 수신 신호, $*$ 는 쾨쥬게이트 연산, $Q(k)$ 는 상기 훈련 신호로부터 획득한 페이즈 보상 값이다. 여기서, 상기 시간 동기 오차의 추정에 사용되는 후보 값 즉, d 값을 변화시키면 d 값에 따른 상관 값이 계산된다.

[0056]

수학식 10은 수신 신호의 켈레 복소수와 이 수신 신호로부터 $N/2$ 만큼 떨어진 수신 신호 간의 상관 값에 페이즈 보상 텀(페이즈 보상 값, $Q(k)$)을 곱하여 구성된 것이다. 이와 같이, 본 실시예의 경우 상관 함수의 구성에 훈련 신호의 특징을 반영하고 있다. 즉, 기 알고 있는 훈련 신호로부터 획득된 페이즈 보상 값을 상관 값의 연산에 반영하고 있다.

[0057]

상기 페이즈 보상 값 $Q(k)$ 은 아래의 수학식 11과 같이 연산될 수 있다. 이러한 수학식 11에 의한 페이즈 보상 값은 WBAN의 훈련 신호를 차분하는 특징(수학식 9 참조)을 사용한 것이다.

수학식 11

$$Q(k) = c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) \cdot (-1) \in \{-j, j\}$$

[0058]

[0059]

여기서, $c_{pre}(k)$ 및 $c_{pre}(k+N/2)$ 는 기 알고 있는 k 번째 및 $k+N/2$ 번째 훈련 신호이고, (-1) 은 상기 $P(d)$ 값이 음수가 아닌 양수가 되도록 $Q(k)$ 에 곱해지는 보상 값이다.

[0060]

여기서, $Q(k)$ 에 '-1'이 곱해지는 이유는 다음과 같다.

[0061]

우선, 수학식 11을 반영할 경우 수학식 10은 $P(d) = \sum (r^*(d+k) \cdot r(d+k+N/2) \cdot c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) \cdot (-1))$ 로 표현된다. 일반적으로 채널 노이즈가 없으며 완벽한 추정이 될 때, r 과 c 는 동일한 값을 가진다.

[0062]

여기서, 이를 간단히 보기 위하여 (-1) 을 제외하고, k 인덱스만 고려할 경우에는 $r^*(k) \cdot r(k+N/2) \cdot c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2)$ 로 표현될 수 있다. 이 수식에 실제 시퀀스를 대입하여 고려해 보면, $r^*(k) \cdot r(k+N/2) = +j$ 인 경우, $c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) = +j$ 가 되고, $r^*(k) \cdot r(k+N/2) = -j$ 인 경우, $c_{pre}(k) \cdot c_{pre}^*(k+N/2) = -j$ 가 된다.

[0063]

이와 같이 수식적으로 부호가 같은 허수가 곱해지면 결과적으로 -1이 나오게 되기 때문에, 본 실시예의 경우 이를 보상해주기 위하여 $Q(k)$ 의 수식 안에서 -1을 곱해준다.

[0064]

다음, 타이밍 메트릭 연산부(130)는 상기 페이즈 보상 값을 적용한 상관 함수인 수학식 10으로부터 상관 값을 연산하고, 상기 상관 값을 정규화하여 타이밍 메트릭(Timing Metric)을 구한다(S230).

[0065]

상기 타이밍 메트릭 M 은 아래의 수학식 12로 연산될 수 있다.

수학식 12

$$M = \frac{|P(d)|^2}{(R(d))^2}$$

여기서, R(d)는 상기 수신 신호 간의 상관 값을 정규화하는 데 사용되는 값으로서 수학식 13을 이용하여 연산한다.

수학식 13

$$R(d) = \sum_{k=0}^{N/2-1} |r(d+k+N/2)|^2$$

이와 같이 수신 신호의 전력에 변화가 있게 될 경우에도 심볼 동기의 성능에 영향이 없도록 하기 위하여 정규화 과정을 거치도록 한다. 이러한 정규화 과정은 기존의 기법에서도 사용된 방법이다.

상기의 수학식 12를 이용하면 시간 동기 오차 추정을 위한 후보 값인 d 값 별로 타이밍 메트릭 M 값을 연산할 수 있으며, 후보 값 중에서도 가장 큰 타이밍 메트릭 값을 도출하는 d 값을 심볼의 시작점으로 추정할 수 있다.

즉, 시간 동기부(140)는 상기 타이밍 메트릭이 최대가 되는 시간 지점을 이용하여 시간 동기 오차를 추정한다(S240). 즉, 타이밍 메트릭 값을 최대 값으로 유도하는 d 값을 수신 심볼의 시작점으로 추정할 수 있다.

이상과 같은 본 발명의 실시예는 특정한 프리앰블 구조 없이도 시간 동기 오차를 추정할 수 있으며, 기존의 특정한 프리앰블을 사용하는 기법들과는 달리 어떠한 프리앰블에도 적용이 가능한 장점을 가진다.

이하에서는 본 실시예의 기법과 기존의 기법의 성능을 비교한 시뮬레이션 결과를 설명한다. 도 3은 본 발명의 기법과 기존의 기법에 대한 타이밍 메트릭을 비교한 그래프이다.

도 3은 채널 왜곡과 잡음이 없는 WBAN 협대역 물리 계층에서 타이밍 메트릭을 비교한 것이다. 일반적으로 타이밍 메트릭은 시간 동기가 정확할 때 '0'에 인덱싱된다.

도 3을 참조하면 기존의 슈미들 기법은 완만한 형태의 타이밍 메트릭을 가지는 반면, 파크 기법과 본 실시예의 기법은 정확하지 않은 심볼 타이밍에는 0과 같은 매우 작은 값을 갖는 가파른 형태의 타이밍 메트릭을 가지는 것을 확인할 수 있다. 즉, 본 실시예의 기법은 정확한 심볼 타이밍에 최대의 피크 값을 갖고, 정확하지 않은 심볼 타이밍에서는 0과 같은 매우 작은 값을 가지는 타이밍 메트릭을 가지기 때문에 기존의 슈미들 기법보다 정확한 시간 동기 오차를 추정할 수 있으며, 파크 기법과는 유사한 성능을 나타낼 수 있다.

도 4는 본 실시예의 기법과 기존의 기법에 대한 시간 동기 오차 추정기의 MSE 성능을 각각 600MHz 및 900MHz 대역에서 비교한 그래프이다. 도 4에서 볼 수 있듯이, 본 실시예의 기법은 슈미들 기법에 비해 약 7dB 정도 성능이 좋아지고, 파크 기법과는 유사한 성능을 가지는 것을 확인할 수 있다.

이상과 같은 본 실시예는 단일 반송파 시스템인 WBAN에서 효율적인 초기 동기화 기법을 제시한다. 기존의 기법은 특정한 프리앰블 구조를 사용하여 시간 동기 오차를 추정하는 방식으로, WBAN과 같이 훈련신호가 정해져 있는 시스템에서는 사용하지 못한다. 그러나, 본 실시예의 기법은 특정한 프리앰블을 사용하지 않으며 단일 반송파 시스템인 WBAN의 훈련신호의 특징을 이용하여 어떠한 시퀀스에도 적용이 가능하다. 결론적으로 본 실시예의 기법은 특정한 프리앰블 구조 없이도 시간 동기 오차를 추정할 수 있으며 기존 기법과도 유사한 성능을 가지는 이점이 있다.

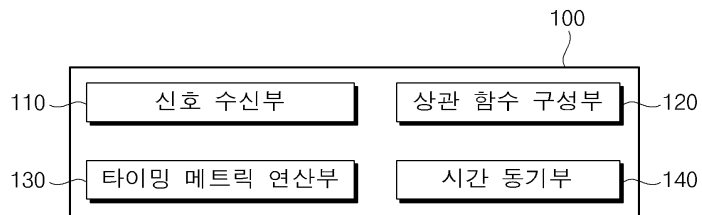
본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

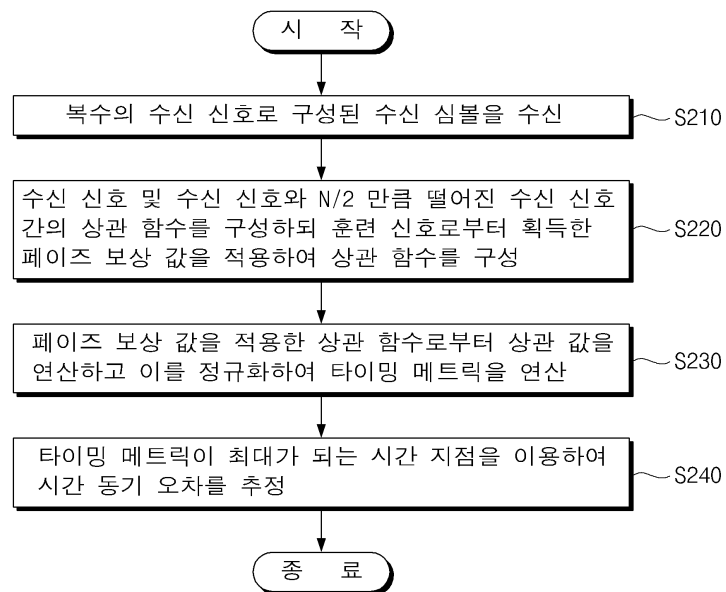
- [0079]
- 100: 단일 반송파 시스템에서의 초기 동기화 장치
 110: 신호 수신부
 120: 상관 함수 구성부
 130: 타이밍 메트릭 연산부
 140: 시간 동기부

도면

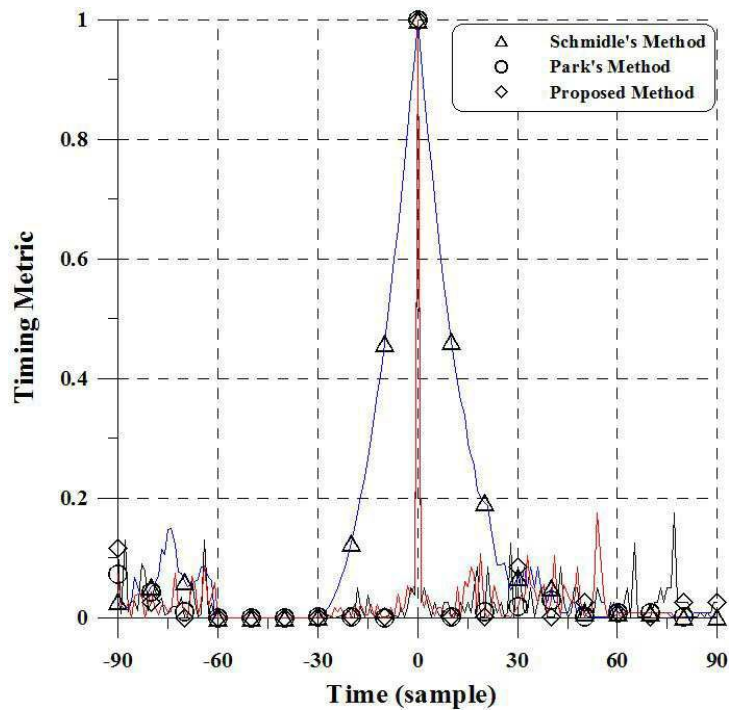
도면1



도면2



도면3



도면4

