(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월08일
(11) 등록번호 10-2153613
(24) 등록일자 2020년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2657 (2013.01)
H04L 27/2672 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0032334
(22) 출원일자 2019년03월21일
심사청구일자 2019년03월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR101449865 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
세종대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
유영환
서울특별시 강남구 도곡로78길 22, 103동 804호 (대치동, 대치삼성아파트)
정용안
서울특별시 서초구 방배중앙로5길 18-3, 2층
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 곽현선

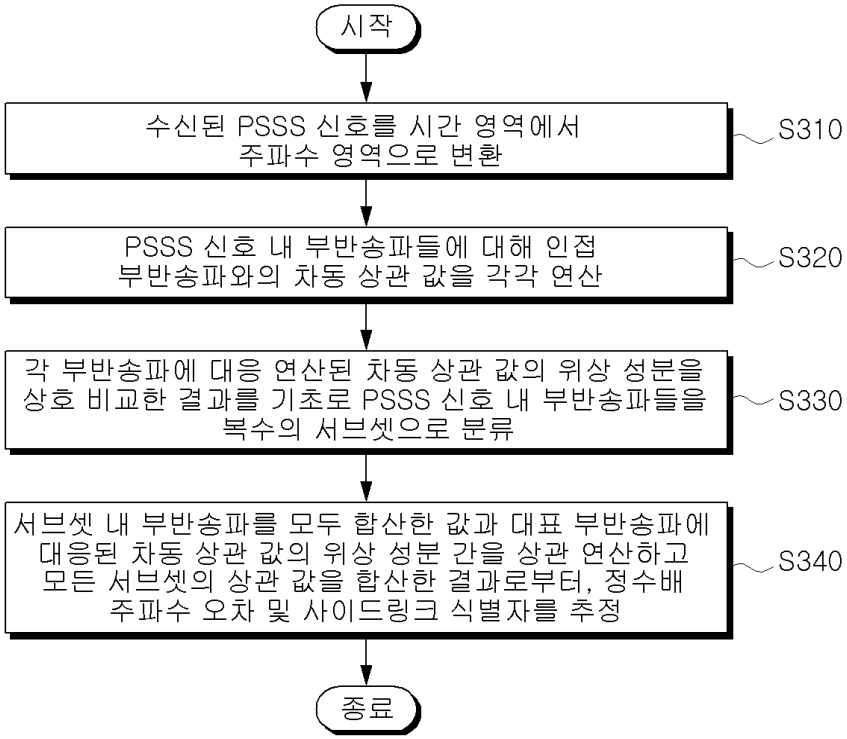
(54) 발명의 명칭 **LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, LTE-V2V 시스템을 기반으로 하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치를 이용한 추정 방법에 있어서, 수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하는 단계와, 상기 PSSS 신

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산하는 단계와, 각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을 상호 비교한 결과를 기초로 기 설정된 허용 각도 범위 이내의 위상 차를 갖는 부반송파끼리 그룹핑하여, 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류하는 단계, 및 상기 서브셋 내의 부반송파 별로 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산한 값과 상기 서브셋 내의 대표 부반송파에 대응된 대표 차동 상관 값의 위상 성분 간을 상관 연산하고, 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과를 이용하여, 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 단계를 포함한다.

본 발명에 의하면, LTE-V2V 시스템에서 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 낮은 복잡도로 추정하면서 기존과 유사한 성능을 제공할 수 있는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류
H04L 27/2684 (2013.01)
H04L 27/2695 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020140092608 A
KR1020190027410 A
KR1020100072096 A
KR1020130063940 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711077799
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	무인이동체미래선도핵심기술개발(R&D)
연구과제명	소형, 경량, 소출력 무인비행장치간 직접 정보교환 단말장치 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	전자부품연구원
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

LTE-V2V 시스템을 기반으로 하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치를 이용한 추정 방법에 있어서,

수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하는 단계;

상기 PSSS 신호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산하는 단계;

각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을 상호 비교한 결과를 기초로 기 설정된 허용 각도 범위 이내의 위상 차를 갖는 부반송파끼리 그룹핑하여, 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류하는 단계; 및

상기 서브셋 내의 부반송파 별로 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산한 값과 상기 서브셋 내의 대표 부반송파에 대응된 대표 차동 상관 값의 위상 성분 간을 상관 연산하고, 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과를 이용하여, 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 단계를 포함하며,

상기 추정하는 단계는,

상기 서브셋 내 부반송파에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산하는 과정에서,

해당 서브셋 내 부반송파 중 대표 부반송파를 제외한 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분의 극성을, 상기 대표 부반송파에 대응한 차동 상관 값의 위상 성분의 극성과 동일하게 보정하여 합산하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 각 부반송파(k)에 대응 연산되는 차동 상관 값($\overline{Y_l}(k)$)은 다음의 수학식으로 정의되는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법:

$$\overline{Y_l}(k) = Y_l(k)\,Y_l^*(k-1) = |H_l(k-v)|^2 D_i(k-v)e^{j\tau\rho} + \overline{Z_l}(k)$$

여기서, $\overline{Y_l}(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산되는 차동 상관 값, $Y_l(k)$ 및 $Y_l(k-1)$는 PSSS 신호의 l번째 심볼에서 k번째 부반송파의 신호 및 그 인접 부반송파의 신호, *는 콘쥬게이션, $H_l(k)$는 채널의 주파수 응답, $D_i(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값($\overline{Y_l}(k)$)의 위상 성분, v는 정수배 주파수 오차, τ는 샘플링 시간 오차, ρ= 2π/N, N은 심볼 내의 총 부반송파수, $\overline{Z_l}(k)$는 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN), k∈[-30,-1]∪[2,31]이다.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 분류하는 단계는,

상기 부반송파들 중 하나를 제1 서브셋의 대표 부반송파로 설정하고 상기 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값을 나머지 부반송파 각각에 대응된 차동 상관 값과 각각 비교하여, 상기 위상 차가 상기 허용 각도 범위 이내인 부반송파를 제1 서브셋으로 분류하는 단계; 및

미분류된 잔여 부반송파에 대해 동일 방식을 반복 수행하여 해당 부반송파를 제2 서브셋으로 분류하는 단계를 포함하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

다음의 수학식 조건을 만족하는 부반송파를 선택하여 해당 서브셋($\widehat{D}_g$)에 소속되도록 분류하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법:

$$\widehat{D}_g = \left\{ k \middle| \frac{d\pi}{2} - \theta \le \left| \arg\left\{ D_i(k_g) D_i^*(k) \right\} \right| \le \frac{d\pi}{2} + \theta \right\},\ d = 0,1,2,3$$

여기서, $D_i(k_g)$는 상기 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, $D_i(k)$는 상기 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, arg{}는 상기 위상차에 해당하는 각도를 구하는 함수, Θ는 부반송파 간 유사성을 제어하기 위한 각도 임계 값, *는 콘쥬게이션을 나타낸다.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 각도 임계 값(Θ)은 0보다 크고 5도 이하의 값을 가지는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 추정하는 단계는,

아래의 수학식을 이용하여 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법:

$$(\hat{v}, \hat{n}) = \underset{|m| \le M,\, n \in 0,1}{\operatorname{argmax}} \Phi_d^I(m,n)$$

여기서, $\hat{v}$ 및 $\hat{n}$은 상기 추정한 정수배 주파수 오차 및 상기 사이드링크 식별자, M은 정수배 주파수 후보의 시행 값, m은 M 값에 의해 결정되는 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, $\Phi_d^I(m,n)$는 상기 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)에서 실수부(I; Ideal) 만을 취한 값을 나타낸다.

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)는 다음의 수학식으로 정의되는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법:

$$\Phi_d(m,n) = \sum_{g=1}^{N_s} D_n^*(k_g) \sum_{k \in \widehat{D}_g} W_n(k)\, \widehat{Y}_l(k+m)$$

여기서, m은 상기 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, N_s는 분류된 서브셋의 총 개수, $\widehat{D}_g$는 g번째 서브셋, $D_n(k_g)$는 해당 서브셋 내 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, $W_n(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$로서 g번째 서브셋 $\widehat{D}_g$ 내의 나머지 부반송파에 대응한 $D_n(k)$의 극성을 $D_n(k_g)$의 극성과 동일하게 보정하는 동위상 변환 파라미터, $\widehat{Y}_l(k+m)$은 해당 서브셋 내 부반송파에 대응된 차동 상관 값 $\overline{Y_l}(k)$에 정수배 주파수 오차 후보 값(m)을 반영한 신호로서 $\widehat{Y}_l(k+m) = \overline{Y_l}(k+m) + \overline{Y^*_{l(-k+m+1)}}$, *는 콘쥬게이션이다.

청구항 9

LTE-V2V 시스템을 기반으로 하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치에 있어서,

수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하는 변환부;

상기 PSSS 신호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산하는 연산부;

각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을 상호 비교한 결과를 기초로 기 설정된 허용 각도 범위 이내의 위상 차를 갖는 부반송파끼리 그룹핑하여, 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류하는 분류부; 및

상기 서브셋 내의 부반송파 별로 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산한 값과 상기 서브셋 내의 대표 부반송파에 대응된 대표 차동 상관 값의 위상 성분 간을 상관 연산하고, 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과를 이용하여, 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 추정부를 포함하며,

상기 추정부는,

상기 서브셋 내 부반송파에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산하는 과정에서,

해당 서브셋 내 부반송파 중 대표 부반송파를 제외한 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분의 극성을, 상기 대표 부반송파에 대응한 차동 상관 값의 위상 성분의 극성과 동일하게 보정하여 합산하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 각 부반송파(k)에 대응 연산되는 차동 상관 값($\overline{Y_l}(k)$)은 다음의 수학식으로 정의되는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치:

$$\overline{Y_l}(k) = Y_l(k)\, Y_l^*(k-1) = \left|H_l(k-v)\right|^2 D_i(k-v) e^{j\tau\rho} + \overline{Z_l}(k)$$

여기서, $\overline{Y_l}(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산되는 차동 상관 값, $Y_l(k)$ 및 $Y_l(k-1)$은 PSSS 신호의 l번째 심볼에서 k번째 부반송파의 신호 및 그 인접 부반송파의 신호, *는 콘쥬게이션, $H_l(k)$는 채널의 주파수 응답, $D_i(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값($\overline{Y_l}(k)$)의 위상 성분, υ는 정수배 주파수 오차, τ는 샘플링 시간 오차, ρ= 2π/N, N은 심볼 내의 총 부반송파수, $\overline{Z_l}(k)$는 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN), k∈[-30,-1]∪[2,31]이다.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 분류부는,

상기 부반송파들 중 하나를 제1 서브셋의 대표 부반송파로 설정하고 상기 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값을 나머지 부반송파 각각에 대응된 차동 상관 값과 각각 비교하여, 상기 위상 차가 상기 허용 각도 범위 이내인 부반송파를 제1 서브셋으로 분류한 다음,

미분류된 잔여 부반송파에 대해 동일 방식을 반복 수행하여 해당 부반송파를 제2 서브셋으로 분류하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 분류부는,

다음의 수학식 조건을 만족하는 부반송파를 선택하여 해당 서브셋($\widehat{D}_g$)에 소속되도록 분류하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치:

$$\widehat{D}_g = \left\{ k \middle| \frac{d\pi}{2} - \theta \le \left| \arg\left\{ D_i(k_g) D_i^*(k) \right\} \right| \le \frac{d\pi}{2} + \theta \right\},\ d = 0,1,2,3$$

여기서, $D_i(k_g)$는 상기 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, $D_i(k)$는 상기 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, arg{}는 상기 위상차에 해당하는 각도를 구하는 함수, Θ는 부반송파 간 유사성을 제어하기 위한 각도 임계 값, *는 콘쥬게이션을 나타낸다.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 각도 임계 값(Θ)은 0보다 크고 5도 이하의 값을 가지는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치

청구항 14

청구항 9에 있어서,

상기 추정부는,

아래의 수학식을 이용하여 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치:

$$(\hat{v}, \hat{n}) = \underset{|m| \le M,\, n \in 0,1}{\operatorname{argmax}} \Phi_d^I(m,n)$$

여기서, $\hat{v}$ 및 $\hat{n}$은 상기 추정한 정수배 주파수 오차 및 상기 사이드링크 식별자, M은 정수배 주파수 후보의 시행 값, m은 M 값에 의해 결정되는 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, $\Phi_d^I(m,n)$는 상기 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)에서 실수부(I; Ideal) 만을 취한 값을 나타낸다.

청구항 15

삭제

청구항 16

청구항 9에 있어서,

상기 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)는 다음의 수학식으로 정의되는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치:

$$\Phi_d(m,n) = \sum_{g=1}^{N_s} D_n^*(k_g) \sum_{k \in \widehat{D}_g} W_n(k)\, \widehat{Y}_l(k+m)$$

여기서, m은 상기 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, N_s는 분류된 서브셋의 총 개수, $\widehat{D}_g$는 g번째 서브셋, $D_n(k_g)$는 해당 서브셋 내 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, $W_n(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$로서 g번째 서브셋 $\widehat{D}_g$ 내의 나머지 부반송파에 대응한 $D_n(k)$의 극성을 $D_n(k_g)$의 극성과 동일하게 보정하는 동위상 변환 파라미터, $\widehat{Y}_l(k+m)$은 해당 서브셋 내 부반송파에 대응된 차동 상관 값 $\overline{Y_l}(k)$에 정수배 주파수 오차 후보 값(m)을 반영한 신호로서 $\widehat{Y}_l(k+m) = \overline{Y_l}(k+m) + \overline{Y^*_{l(-k+m+1)}}$, *는 콘쥬게이션이다.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 LTE-V2V 시스템에서 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 낮은 복잡도로 추정할 수 있는 LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] D2D 통신은 LTE 셀룰러 네트워크에서 스펙트럼 효율성과 초저-지연성 때문에 아주 중요한 요소로 간주된다. 이러한 V2V 사이드링크의 핵심 과제중 하나는 빠르고 낮은 복잡성을 갖는 동기화 기술이다.

[0003] LTE-V2V 네트워크에서 기지국이 커버하지 못하는 Out-of-Network 영역에서 동기화를 유지하는 것은 매우 어려운 작업이다. 기존의 동기화 방법의 경우 대부분 업링크(Uplink) 혹은 다운링크(Downlink) 통신을 기반으로 연구되었으며, 송수신기 양쪽의 사이드링크(Sidelink)의 이동성이 고려되지 않았기 때문에, V2V 통신을 위한 동기화 기술로 사용되기에 적합하지 않은 문제점이 있다.

[0004] 따라서, LTE-V2V 통신 환경에 적합하면서 낮은 복잡도를 가지는 효율적인 동기화 기술이 요구된다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2013-0060489호(2013.06.10 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, LTE-V2V 시스템을 위한 동기화 과정에서 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 낮은 복잡도로 추정할 수 있는 LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치 및 그 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, LTE-V2V 시스템을 기반으로 하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치를 이용한 추

정 방법에 있어서, 수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하는 단계와, 상기 PSSS 신호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산하는 단계와, 각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을 상호 비교한 결과를 기초로 기 설정된 허용 각도 범위 이내의 위상 차를 갖는 부반송파끼리 그룹핑하여, 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류하는 단계, 및 상기 서브셋 내의 부반송파 별로 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산한 값과 상기 서브셋 내의 대표 부반송파에 대응된 대표 차동 상관 값의 위상 성분 간을 상관 연산하고, 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과를 이용하여, 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 단계를 포함하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 방법을 제공한다.

[0008] 또한, 상기 각 부반송파(k)에 대응 연산되는 차동 상관 값($\overline{Y_l(k)}$)은 다음의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0009] $$\overline{Y_l(k)} = Y_l(k)\,Y_l^*(k-1) = \left|H_l(k-v)\right|^2 D_i(k-v)e^{j\tau\rho} + \overline{Z_l(k)}$$

[0010] 여기서, $\overline{Y_l(k)}$는 k번째 부반송파에 대응 연산되는 차동 상관 값, $Y_l(k)$ 및 $Y_l(k-1)$는 PSSS 신호의 l번째 심볼에서 k번째 부반송파의 신호 및 그 인접 부반송파의 신호, *는 콘쥬게이션, $H_l(k)$는 채널의 주파수 응답, $D_i(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값($\overline{Y_l(k)}$)의 위상 성분, υ는 정수배 주파수 오차, τ는 샘플링 시간 오차, ρ= 2π/N, N은 심볼 내의 총 부반송파수, $\overline{Z_l(k)}$는 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN), k∈[-30,-1]∪[2,31]이다.

[0011] 또한, 상기 분류하는 단계는, 상기 부반송파들 중 하나를 제1 서브셋의 대표 부반송파로 설정하고 상기 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값을 나머지 부반송파 각각에 대응된 차동 상관 값과 각각 비교하여, 상기 위상 차가 상기 허용 각도 범위 이내인 부반송파를 제1 서브셋으로 분류하는 단계, 및 미분류된 잔여 부반송파에 대해 동일 방식을 반복 수행하여 해당 부반송파를 제2 서브셋으로 분류하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 분류하는 단계는, 다음의 수학식 조건을 만족하는 부반송파를 선택하여 해당 서브셋($\widehat{D}_g$)에 소속되도록 분류할 수 있다.

[0013] $$\widehat{D}_g = \left\{k \middle| \frac{d\pi}{2} - \theta \le \left|\arg\left\{D_i(k_g)D_i^*(k)\right\}\right| \le \frac{d\pi}{2} + \theta\right\},\ d = 0,1,2,3$$

[0014] 여기서, $D_i(k_g)$는 상기 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, $D_i(k)$는 상기 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, arg{}는 상기 위상차에 해당하는 각도를 구하는 함수, Θ는 부반송파 간 유사성을 제어하기 위한 각도 임계 값, *는 콘쥬게이션을 나타낸다.

[0015] 또한, 상기 각도 임계 값(Θ)은 0보다 크고 5도 이하의 값을 가질 수 있다.

[0016] 또한, 상기 추정하는 단계는, 상기 서브셋 내 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산하는 과정에서, 해당 서브셋 내 부반송파 중 대표 부반송파를 제외한 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분의 극성을, 상기 대표 부반송파에 대응한 차동 상관 값의 위상 성분의 극성과 동일하게 보정하여 합산할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 추정하는 단계는, 아래의 수학식을 이용하여 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정할 수 있다.

[0018] $$(\hat{v},\hat{n}) = \underset{|m| \le M,\, n \in 0,1}{\operatorname{argmax}} \Phi_d^I(m,n)$$

[0019] 여기서, $\hat{v}$ 및 $\hat{n}$은 상기 탐색한 정수배 주파수 오차 및 상기 사이드링크 식별자, M은 정수배 주파수 후보의 시

행 값, m은 M 값에 의해 결정되는 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, $\Phi_d^I(m,n)$는 상기 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)에서 실수부(I; Ideal) 만을 취한 값을 나타낸다.

[0020] 또한, 상기 추정하는 단계는, 상기 서브셋 내 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산하는 과정에서, 해당 서브셋 내 부반송파 중 대표 부반송파를 제외한 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분의 극성을, 상기 대표 부반송파에 대응한 차동 상관 값의 위상 성분의 극성과 동일하게 보정하여 합산할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)는 다음의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0022]
$$\Phi_d(m,n) = \sum_{g=1}^{N_s} D_n^*(k_g) \sum_{k \in \widehat{D}_g} W_n(k)\, \widehat{Y}_l(k+m)$$

[0023] 여기서, m은 상기 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, N_s는 분류된 서브셋의 총 개수, $\widehat{D}_g$는 g번째 서브셋, $D_n(k_g)$는 해당 서브셋 내 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, $W_n(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$로서 g번째 서브셋 $\widehat{D}_g$ 내의 나머지 부반송파에 대응한 $D_n(k)$의 극성을 $D_n(k_g)$의 극성과 동일하게 보정하는 동위상 변환 파라미터, $\widehat{Y}_l(k+m)$은 해당 서브셋 내 부반송파에 대응된 차동 상관 값 $\overline{Y_l}(k)$에 정수배 주파수 오차 후보 값(m)을 반영한 신호로서 $\widehat{Y}_l(k+m) = \overline{Y_l}(k+m) + \overline{Y^*_{l(-k+m+1)}}$, *는 콘쥬게이션이다.

[0024] 그리고, 본 발명은, LTE-V2V 시스템을 기반으로 하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치에 있어서, 수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하는 변환부와, 상기 PSSS 신호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산하는 연산부와, 각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을 상호 비교한 결과를 기초로 기 설정된 허용 각도 범위 이내의 위상 차를 갖는 부반송파끼리 그룹핑하여, 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류하는 분류부, 및 상기 서브셋 내의 부반송파 별로 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산한 값과 상기 서브셋 내의 대표 부반송파에 대응된 대표 차동 상관 값의 위상 성분 간을 상관 연산하고, 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과를 이용하여, 상기 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정하는 추정부를 포함하는 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 의하면, LTE-V2V 시스템에서 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 낮은 복잡도로 추정하면서 기존과 유사한 성능을 제공할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 LTE-V2V 시스템의 신호 프레임 구조를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 LTE-V2V 시스템 기반의 IFO 및 SID 추정 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은 도 2의 장치를 이용한 IFO 및 SID 추정 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 기법과 종래 기법의 IFO 및 SID 추정 성능을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0028] 본 발명은 LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자 추정 장치 및 그 방법에 관한 것으로, LTE-V2V(Vehicle-to-vehicle) 시스템을 위한 동기화 과정에서 계산의 복잡도를 줄여서 정수배 주파수 오차(IFO; Integer Frequency Offset) 및 사이드링크 식별자(SID; Sidelink IDentifier)를 보다 고속으로 효율적으로 추정하기 위한 기법을 제안한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 LTE-V2V 시스템의 신호 프레임 구조를 나타낸 도면이다. 이러한 도 1은 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE-V2V 시스템의 신호 프레임 구조를 예시한 것이다.

[0030] 도 1에 나타낸 것과 같이, 10 ms 길이를 가지는 한 개의 프레임(Frame)은 10개의 서브 프레임(Subframe)으로 구성된다. 각 서브 프레임은 2개의 슬롯(slot)으로 구성되는데, 각 슬롯은 순환 보호 구간(CP)이 Normal CP일 때는 7개의 SC-FDMA 심볼로 구성되고, Extened CP일 때는 6개의 SC-FDMA 심볼로 구성된다. 여기서 SC-FDMA는 Single Carrier Frequency Division Multiple Access의 약자이다.

[0031] 이하의 본 발명의 실시예는 CP가 Normal CP인 경우를 가정한다. 도 1을 참조하면, Normal CP를 사용할 경우 PSSS(Primary Sidelink Synchronization Signal) 신호는 서브 프레임을 구성하는 0부터 13번째 까지의 14개의 SC-FDMA 심볼 중 1번째과 2번째 SC-FDMA 심볼에 위치하고, SSSS(Secondary Sidelink Synchronization Signal) 신호는 11번째와 12번째 SC-FDMA 심볼에 위치하여 전송된다.

[0032] 또한, 총 336개의 사이드링크 식별자(SID)(디바이스의 식별 아이디)가 존재하며, 이는 $2N_{ID}^{(1)}+N_{ID}^{(2)}$로 표현될 수 있다. 여기서, $N_{ID}^{(1)}\in\{0,1,...,167\}$이고, $N_{ID}^{(2)}\in\{0,1\}$이다. 이와 같이 사이드링크 식별자는 $N_{ID}^{(1)}$와 $N_{ID}^{(2)}$의 결합으로 이루어진다. PSSS는 $u_i\,(i=0,1)$를 갖는 2개의 상이한 ZC(Zadoff-Chu) 시퀀스 셋에서 선택된다.

[0033] PSSS는 DC를 중심으로 좌우의 36개를 포함한 72개의 부반송파로 매핑되며, 62개의 부반송파와 10개의 가드 부반송파로 구성된다. 여기서, 가드 부반송파는 72개 부반송파 중 0(Zero)의 값을 가지는 부반송파로서 전체 72개의 부반송파 중에서 가장 처음과 마지막의 각 5개 부반송파에 해당한다.

[0034] 이와 같이 ZC를 기반으로 주파수 영역에서 만들어진 PSSS 신호는 72개의 부반송파 신호로 구성된다. PSSS 신호 내의 부반송파 신호는 다음의 수학식 1과 같이 정의될 수 있다.

수학식 1

[0035]
$$P_i(k)=\begin{cases}e^{-j\pi u_i(k+31)(k+32)/63}, & k\in S\\ 0 & otherwise\end{cases}$$

[0036] 여기서, k는 부반송파 인덱스, $S=\{k:|k|\le N_p/2, k\neq 0\}$이다. 이때 N_p는 가드 부반송파를 제외한 수에 해당하므로 N_p=62이다.

[0037] S의 정의에 기초하면, 수학식 1에서 위의 항은 총 72개의 부반송파 신호 중 부반송파 인덱스 k∈[-31,-1]∪[1,31])에 해당하는 62개 부반송파 신호이고, 아래 항은 k∈[-36,-32]∪[32,36]에 해당하는 0의 값을 갖는 10개의 가드 부반송파 신호이다. 62개 부반송파 신호는 e의 지수 성분에 따라 상이한 위상을 갖는다.

[0038] 수학식 1에서 u_i는 시퀀스 인덱스이며, $N_{ID}^{(2)}$에 따라 $\{u_0,u_1\}=\{26,37\}$이 된다. PSSS의 주목적은 $N_{ID}^{(2)}$를 식별하는 것이고, SSSS의 주 목적은 $N_{ID}^{(1)}$를 식별하는 것이다.

[0039] 본 실시예는 PSSS 신호로부터 IFO와 SID를 탐지하는 것이므로, 이하에서 SID란 PSSS 신호에 포함된 시퀀스 인덱

스 정보 혹은 그에 대응된 $N_{ID}^{(2)}$ 정보 부분을 의미할 수 있다.

[0040] 이하에서는 상술한 내용을 기초로 본 발명의 실시예에 따른 LTE-V2V 시스템 기반의 정수배 주파수 오차(IFO) 및 사이드링크 식별자(SID) 추정 장치 및 그 방법에 대하여 더욱 상세히 설명한다.

[0041] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 LTE-V2V 시스템 기반의 IFO 및 SID 추정 장치의 구성을 나타낸 도면이고, 도 3은 도 2의 장치를 이용한 IFO 및 SID 추정 방법을 설명하는 도면이다.

[0042] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 LTE-V2V 시스템 기반의 IFO 및 SID 추정 장치(100)는 변환부(110), 연산부(120), 분류부(130) 및 추정부(140)를 포함하며, 차량 간 V2V 통신을 위하여 차량에 설치될 수도 있고 차량 내 통신 장치에 포함될 수 있다.

[0043] 먼저, 변환부(110)는 수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환한다(S310). 변환부(110)는 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 시간 영역의 신호를 주파수 영역의 신호로 변환한다.

[0044] 수신기에서 FFT 과정 이후 l번째 심볼의 k번째 부반송파에 실린 SC-FDMA 신호는 다음의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0045] $$Y_l(k) = H_l(k-v)X_l(k-v)e^{-j(k-v)\tau\rho}e^{jlvN_p\rho} + Z_l(k),\ |k| \le N_p/2$$

[0046] 여기서, $Y_l(k)$는 수신된 PSSS 신호의 l번째 심볼에서 k번째 부반송파의 신호, ρ= 2π/N(N은 심볼 내 총 부반송파수), υ는 정수배 주파수 오차(IFO), τ는 샘플링 시간 오차(STO; Sampling Timing Offset), $X_l(k)$는 송신기에서 전송된 SC-FDMA 심볼, $H_l(k)$는 채널의 주파수 응답, $Z_l(k)$는 평균이 0이고 분산이 σ_Z^2인 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN), 그리고 N_p=62(0이 아닌 부반송파의 수)이다.

[0047] 다음, 연산부(120)는 FFT 처리된 PSSS 신호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산한다(S320).

[0048] 여기서, 차동 상관 값의 연산은 총 72개의 부반송파 중 k∈[-31,-1]∪[1,31]인 62개의 부반송파를 대상으로 수행한다. 이때 인접한 부반송파 끼리 차동 상관하는 것이므로, 연산되는 차동 상관 값은 DC를 중심으로 좌우 30개를 포함하여 총 60개로 도출된다.

[0049] 각 부반송파(k)에 대응 연산되는 차동 상관 값($\overline{Y_l}(k)$)은 다음의 수학식 3과 같이 정의될 수 있다.

수학식 3

[0050] $$\overline{Y_l}(k) = Y_l(k)\,Y_l^*(k-1) = |H_l(k-v)|^2 D_i(k-v)e^{j\tau\rho} + \overline{Z_l}(k)$$

[0051] 이러한 수학식 3은 $X_l(k) = P_i(k)$이고 샘플링 시간 오차(τ ; STO)가 완벽하게 추정되었다고 가정할 때 수신받은 PSSS 신호의 인접 부반송파 간 차동 상관 식을 나타낸다.

[0052] 수학식 3에서, $\overline{Y_l}(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산되는 차동 상관 값, $Y_l(k)$는 PSSS 신호의 l번째 심볼에서 k번째 부반송파의 신호, $Y_l(k-1)$는 $Y_l(k)$에 대한 인접 부반송파의 신호, 그리고 *는 복소 콘쥬게이션(complex conjugation) 연산을 나타낸다.

[0053] 수학식 3의 마지막 항은 $Y_l(k)$와 $Y_l(k-1)$ 간 상관 결과를 상세히 표현한 것으로, $D_i(k)$는 k번째 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값($\overline{Y_l}(k)$)의 위상 성분에 해당한다. 실질적으로 $D_i(k)=P_i(k)P_i^*(k-1)$으로 표현될 수 있다. 그리고 $H_l(k)$는 채널의 주파수 응답, $\overline{Z_l}(k)$는 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN)이며, 그 외의 인수들은 수학식 2에서 설명한 바 있다.

[0054] 수학식 3에 실질적으로 적용되는 k∈[-30,-1]∪[2,31]이다. 즉, k=-30 일 때는 $Y_l(-31)$과 $Y_l(-30)$ 간의 상관 결과가, k=-1 일 때는 $Y_l(-2)$와 $Y_l(-1)$ 간의 상관 결과가 얻어진다. 마찬가지로 k=2일 때는 $Y_l(1)$과 $Y_l(2)$ 간의 상관 결과가, k=31 일 때는 $Y_l(30)$과 $Y_l(31)$ 간의 상관 결과가 얻어진다.

[0055] 이러한 방법으로 양의 부반송파 인덱스 k∈[2,31]에 대해 총 30개의 차동 상관 값($\overline{Y_l}(-30), \overline{Y_l}(-29), \cdots \overline{Y_l}(-1)$, 그리고 음의 부반송파 인덱스 k∈[-30,-1]에 대해 총 30개의 차동 상관 값($\overline{Y_l}(-30), \overline{Y_l}(-29), \cdots \overline{Y_l}(-1)$)이 구해진다. 결과적으로, 수학식 3의 연산에 따라, 수신된 PSSS 신호에 대한 인접 부반송파 간의 차동 상관 값이 총 60개 도출된다. 물론, 이에 따라 차동 상관 값의 위상 성분 역시 60개 도출된다.

[0056] 다음, 분류부(130)는 각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분($D_i(k)$)을 상호 비교한 결과를 기초로 기 설정된 허용 각도 범위 이내의 위상 차를 갖는 부반송파끼리 그룹핑하여, 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류한다(S330).

[0057] 구체적으로, 분류부(130)는 부반송파들 중 하나(예를 들어, 가장 작은 인덱스의 부반송파)를 제1 서브셋의 대표 부반송파로 설정한 후, 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값(대표 차동 상관 값; $D_i(k_g)$)을 나머지 부반송파 각각에 대응된 차동 상관 값($D_i(k)$)과 각각 비교하여, 위상 차가 허용 각도 범위 이내인 부반송파를 제1 서브셋으로 분류한다.

[0058] 여기서 물론, 차동 상관 값을 서로 비교한다는 것은 앞서 설명한 바와 같이 차동 상관 값의 위상 성분을 서로 비교한다는 것을 의미하며, 위상과 위상을 비교하면 위상 차(각도)를 알 수 있다.

[0059] 그 예로, k∈[-30,-1]∪[2,31]의 60개 부반송파 중 가장 작은 인덱스 k=-30을 제1 서브셋의 대표 부반송파로 선택한 다음, k=-30에 대응 연산된 차동 상관 값 $\overline{Y_l}(-30)$의 위상 성분인 $D_i(-30)$을, 나머지 59개 부반송파 각각에 대한 차동 상관 값의 위상 성분인 $D_i(-29),\cdots,D_i(-1),D_i(2),\cdots,D_i(31)$과 개별 비교한다.

[0060] 여기서, 분류부(130)는 다음의 수학식 4의 조건을 만족하는 부반송파를 선택하여 해당 서브셋($\widehat{D}_g$)에 소속되도록 분류한다.

수학식 4

[0061]
$$\widehat{D}_g=\left\{k\left|\frac{d\pi}{2}-\theta\le\left|\arg\left\{D_i(k_g)D_i^*(k)\right\}\right|\le\frac{d\pi}{2}+\theta\right\},\ d=0,1,2,3$$

[0062] 여기서, $D_i(k_g)$는 $\widehat{D}_g$ 내의 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값(대표 차동 상관 값)의 위상 성분, $D_i(k)$는 대표 부반송파를 제외한 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분, arg{}는 위상차에 해당하는 각도를 구하는 함수, Θ는 부반송파 간 유사성을 제어하기 위한 각도 임계 값, *는 콘쥬게이션을 나타낸다.

[0063] 또한, $k_g = \min\{\widehat{D}_g\}$은 해당 서브셋의 대표 부반송파를 의미하며, 서브셋 내 소속된 부반송파 중 가장 작은 부반송파 인덱스에 해당한다.

[0064] 수학식 4에 사용되는 각도 임계 값(Θ)은 0보다 크고 5도 이하의 값을 가질 수 있다. 본 발명의 실시예의 경우 Θ=5° 를 대표 예시로 한다.

[0065] 이러한 수학식 4는 위상차 arg{ · }에 대한 절대치 값이 허용 각도 범위($\frac{d\pi}{2}-\theta$과 $\frac{d\pi}{2}+\theta$ 사이)를 만족하는 부반송파 k를 선택하여 이를 대표 부반송파사 소속된 해당 서브셋($\widehat{D}_g$)에 함께 소속시켜 분류한다.

[0066] d={0,1,2,3} 이고 Θ=5° 이며, d의 조절에 따라 각도가 90도씩 변하므로, 허용 각도 범위는 총 4가지로 존재하게 된다. d=0일 때 0±5° 위(제1 범위: -5 내지 5도), d=1일 때 90±5° 범위(제2 범위: 85 내지 95도), d=2일 때 180±5° 범위(제3 범위: 175 내지 185도), 그리고 d=3일 때 270±5° 범위(제4 범위: 265 내지 275도)가 된다.

[0067] 수학식 4에 따르면, 위상차의 절대치 값이 위에 언급한 4가지 범위 중 어느 하나를 만족하면, 대표 부반송파와 앞뒤 5° 이내의 유사성을 갖는다고 판단하여, 대표 부반송파와 같은 그룹으로 분류된다. 즉, 동일 서브셋 내 대표 부반송파와 나머지 부반송파간의 위상차는 $\pi/2,\ \pi,\ 3\pi/2$ 만큼 회전한 후 $[-\theta,\theta]$범위에 속하게 된다.

[0068] 표 1은 수학식 4를 설명하기 위한 예시로서, 부반송파 별 차동 상관 값의 위상 정보, 그리고 대표 부반송파와의 위상차 및 허용 각도 범위 이내 여부, 그리고 분류 결과를 나타낸다.

표 1

[0069]

	차동상관값의 위상, $D_i(k)$	위상차, |arg{ · }|	허용 각도 범위 이내 여부	분류 결과
k=-30 ($k=k_g$) 대표 부반송파	83°	-	-	제1 서브셋 (대표 부반송파)
k=-29	272°	189° (=|83-272|)	×	미정(미분류)
…	…	…	…	…
k=-20	350°	267° (=|83-350|)	○(제4 범위)	제1 서브셋
…	…	…	…	…
k=-17	265°	182° (=|83-265|)	○(제3 범위)	제1 서브셋
…	…	…	…	…
k=2	79°	4° (=|83-79|)	○(제1 범위)	제1 서브셋
k=3	171°	88° (=|83-171|)	○(제2 범위)	제1 서브셋
…	…	…	…	…

[0070] 표 1과 같이, $D_i(-30)$과 $D_i(-20)$ 사이, $D_i(-30)$과 $D_i(-17)$ 사이, $D_i(-30)$과 $D_i(2)$ 사이, $D_i(-30)$과 $D_i(3)$ 사이의 위상차가 허용 각도 범위 이내이므로, k=-20, -17, 2, 3의 부반송파를 k=-31의 부반송파와 함께 제1 서브셋에 소속시킨다. 이에 따라, k=-31, -20, -17, 2, 3의 5개의 부반송파가 제1 서브셋에 소속되어 분류된다.

[0071] 그런 다음, 미분류된 잔여 부반송파에 대해 동일 방식(대표 부반송파 설정 및 대표를 제외한 나머지 부반송파와 위상 비교)을 반복 수행하여 해당하는 부반송파를 제2 서브셋으로 분류한다. 이러한 방법을 반복하면 N_s개의 서브셋을 분류할 수 있다.

[0072] 예를 들어, 60개 중 미분류되고 잔여한 55개의 부반송파 중에서 가장 작은 인덱스인 k=-29를 제2 서브셋의 대표 부반송파로 선택한 다음, k=-29에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을, 나머지 54개 부반송파 각각에 대한 차동 상관 값의 위상 성분과 개별 비교하여, 54개 중 위상차가 허용 각도 범위 이내인 부반송파를 k=-29와 함께 제2 서브셋에 소속시킨다.

[0073] 이후, 다음 제3 내지 제N_s 서브셋에 대하여 동일한 원리를 적용하여, 60개의 부반송파를 총 N_s개의 서브셋으로 그룹핑하여 분류할 수 있다. 여기서 물론, 서브셋의 개수는 N_s, 서브셋 i에 소속된 부반송파의 개수를 Ni라고

정의한다면, $\sum_{i=1}^{N_s} N_i = N_p - 2$ 가 된다.

[0074] 다음, 추정부(140)는 '상기 서브셋 내의 부반송파 별로 부반송파에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영한 신호를 모두 합산한 값'과 '서브셋 내의 대표 부반송파에 대응된 대표 차동 상관 값의 위상 성분' 간을 서로 상관 연산하고, 각 서브셋 별로 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과를 이용하여, 정수배 주파수 오차(IFO) 및 사이드링크 식별자(SID)를 추정한다(S340).

[0075] 이때, 추정부(140)는 수학식 5를 이용하여 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정할 수 있다.

수학식 5

[0076] $$(\hat{v},\hat{n}) = \underset{|m| \le M,\, n \in 0,1}{\operatorname{argmax}} \Phi_d^I(m,n)$$

[0077] 여기서, $\hat{v}$ 및 $\hat{n}$ 은 탐색한 정수배 주파수 오차(IFO) 및 사이드링크 식별자(SID), M은 정수배 주파수 후보의 시행 값, m은 M 값에 의해 결정되는 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스이다. 만일, 시행값 M=2인 경우 |m|≤M에 의해, 정수배 주파수 오차 후보 값 m={-2, -1, 0, 1, 2}로서 총 5개가 존재한다. n은 0과 1 중에서 선택된다.

[0078] 또한, $\Phi_d^I(m,n)$ 는 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과($\Phi_d(m,n)$)에서 실수부(I; Ideal) 만을 취한 값을 나타낸다. 수학식 5에 따르면, $\Phi_d^I(m,n)$ 이 최대가 되는 시점을 이용하여 FIO와 SID를 추정하는 것을 알 수 있다.

[0079] 서브셋 별 연산된 상관 값을 모두 합산한 결과 $\Phi_d(m,n)$ 는 다음의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0080] $$\Phi_d(m,n) = \sum_{g=1}^{N_s} D_n^*(k_g) \sum_{k \in \hat{D}_g} W_n(k)\, \hat{Y}_l(k+m)$$

[0081] 여기서, m은 정수배 주파수 오차 후보 값, n은 사이드링크 인덱스, N_s 는 분류된 서브셋의 총 개수, $\hat{D}_g$ 는 g번째 서브셋, $D_n(k_g)$ 는 해당 서브셋 내 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분을 나타낸다.

[0082] 또한, $W_n(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$ 로서 g번째 서브셋 $\hat{D}_g$ 내의 나머지 부반송파에 대응한 $D_n(k)$ 의 극성을 $D_n(k_g)$ 의 극성과 동일하게 보정하는 동위상 변환 파라미터이며, $D_0(k) = D_1^*(k)$ 이다. $W_n(k)$ 는 곱셈 없이 보상되므로 구현 상의 관점에서 유리하다.

[0083] $\hat{Y}_l(k+m)$ 은 해당 서브셋 내 부반송파에 대응된 차동 상관 값 $\overline{Y_l(k)}$ 에 정수배 주파수 오차 후보 값(m)을 반영한 신호로서 $\hat{Y}_l(k+m) = \overline{Y_l(k+m)} + \overline{Y_{l(-k+m+1)}^*}$ 이고, *는 콘쥬게이션이다.

[0084] 수학식 6의 오른쪽의 시그마 항은 '해당 서브셋 $\widehat{D}_g$ 내의 각 부반송파 신호마다 그에 대응된 차동 상관 값에 정수배 주파수 오차 후보 값을 반영($\widehat{Y}_l(k+m)$)하여 모두 합산한 값'(A)에 해당한다. 이 합산한 A 값은 해당 서브셋 $\widehat{D}_g$ 내의 대표 부반송파에 대응된 위상 성분 $D_n(k_g)$ 과 상관 연산되며, 이후 왼쪽 시그마항과 같이 따라 g=1부터 Ns까지의 모든 서브셋 별로 연산된 상관 연산 값이 모두 합산되어 $\Phi_d(m,n)$ 값이 구해진다.

[0085] 앞서, A 값을 구하는 과정에서 중요한 것은, 보정 파라미터 $W_n(k)$ 가 사용된 점인데, 해당 서브셋 $\widehat{D}_g$ 내 부반송파 중 대표 부반송파를 제외한 나머지 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분의 극성을, 대표 부반송파에 대응한 차동 상관 값의 위상 성분의 극성과 동일하게 보정하여 합산한 것을 알 수 있다.

[0086] 예를 들어, 실수부(R)와 허수부(Q)를 가로 및 세로 축으로 하는 좌표계에서 제1 사분면은 +1, +j의 극성을, 제2 사분면은 -1, +j의 극성을, 제3 사분면은 -1, -j의 극성을 제4 사분면은 +1, -j의 극성을 가진다.

[0087] 표 1을 예시하면, 제1 서브셋 내의 k=-30(대표 부반송파)에 대응된 차동 상관 값의 위상은 83° 로 제1 사분면에 위치한다. 이때, $W_n(k)$ 를 이용하여 나머지 소속된 부반송파에 대한 위상 성분의 극성을 모두 제1 사분면으로 이동시켜 주면 된다. 극성 변환 시 {+1,+j}, {-1,+j}, {+1,-j}, {-1,-j} 중에 선택적으로 사용될 수 있다.

[0088] 본 발명의 실시예는 수학식 6의 실수부만을 이용하기 때문에, 수학식 6에서 실수부와 허수부를 분리하면 다음의 수학식 7과 같다.

수학식 7

[0089]
$$\Phi_d^I(m,n) = \sum_{g=1}^{N_s} D_n^I(k_g) \sum_{k\in\widehat{D}_g} C_n^I(k+m) + \sum_{g=1}^{N_s} D_n^Q(k_g) \sum_{k\in\widehat{D}_g} C_n^Q(k+m)$$

[0090] 여기서, $C_n(k+m) = W_n(k)\,\widehat{Y}_l(k+m)$ 이고, $(\ )^Q$ 는 허수부분, $(\ )^I$ 는 실수부분을 나타낸다. 또한 $D_0(k) = D_1^*(k)$ 이기 때문에, 수학식 7은 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0091]
$$\Phi_d^I(m,n) = \sum_{g=1}^{N_s} D_0^I(k_g) \sum_{k\in\widehat{D}_g} C_n^I(k+m) + (-1)^n \sum_{g=1}^{N_s} D_0^Q(k_g) \sum_{k\in\widehat{D}_g} C_n^Q(k+m)$$

[0092] PSSS의 특성에 의해, $C_0(k)$ 와 $C_1(k)$ 가 곱셈 연산 없이 $\widehat{Y}_l(k)$ 로부터 얻을 수 있기 때문에 u_0에 대한 메트릭을 이용하여 u_1에 대한 메트릭이 계산된다는 것을 알 수 있다. 수학식 8을 수학식 5에 사용함으로써 IFO와 SID를 동시에 추정할 수 있다.

[0093] 이상과 같이, 본 발명의 실시예에 따른 기법은 낮은 복잡성을 갖는 IFO 및 SID 검출을 가능하게 하기 위해 PSSS

부반송파의 그룹화를 기반으로 한다. 이때, PSSS 부반송파는 PSSS 부반송파 간 위상차가 대략 $\pi/2$의 배수인 다수의 서브셋으로 그룹화되고, 각 서브셋 내의 PSSS 부반송파 중 하나는 각 서브셋의 대표 부반송파가 된다. 그리고 서브셋 내의 PSSS를 모두 더해준 값과 대표 부반송파 간의 상관 곱을 통하여 IFO 및 SID 추정 목표를 달성할 수 있다.

[0094] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 기법과 종래 기법의 IFO 및 SID 추정 성능을 비교한 도면이다. 이러한 도 4에 따르면, 본 발명의 실시예에 따른 기법은 종래의 기법보다 계산 상의 복잡성 측면에서 훨씬 간결하면서도 종래와 비슷한 성능을 갖는 장점이 있다는 것을 확인할 수 있다.

[0095] 본 발명에 따르면, LTE-V2V 시스템에서 신호 프레임으로부터 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 낮은 복잡도로 추정하면서 기존과 유사한 검출 성능을 제공할 수 있는 이점이 있다.

[0096] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

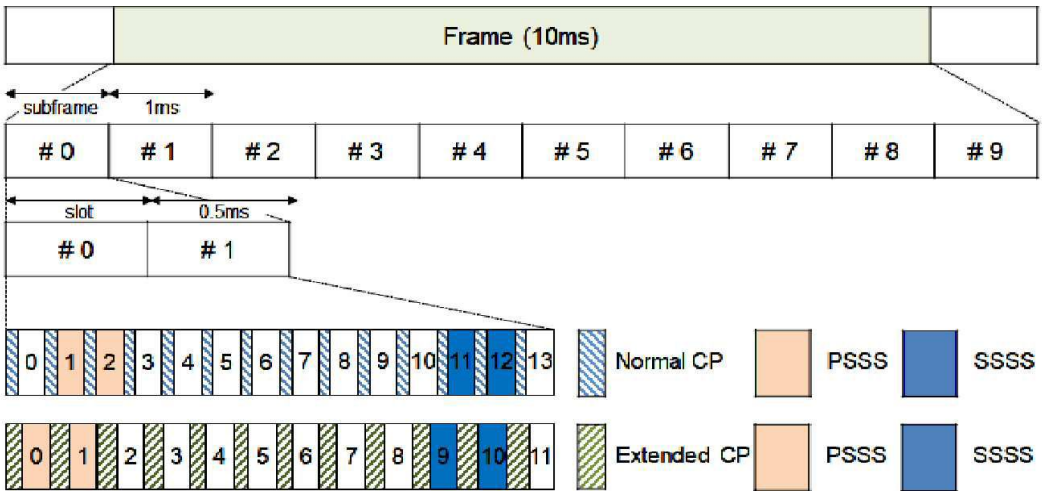
[0097] 100: LTE-V2V 시스템 기반의 IFO 및 SID 추정 장치

110: 변환부 120: 연산부

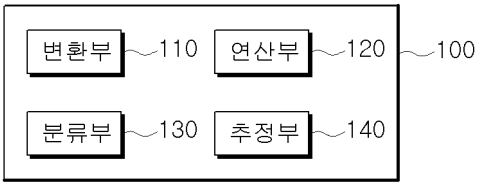
130: 분류부 140: 추정부

도면

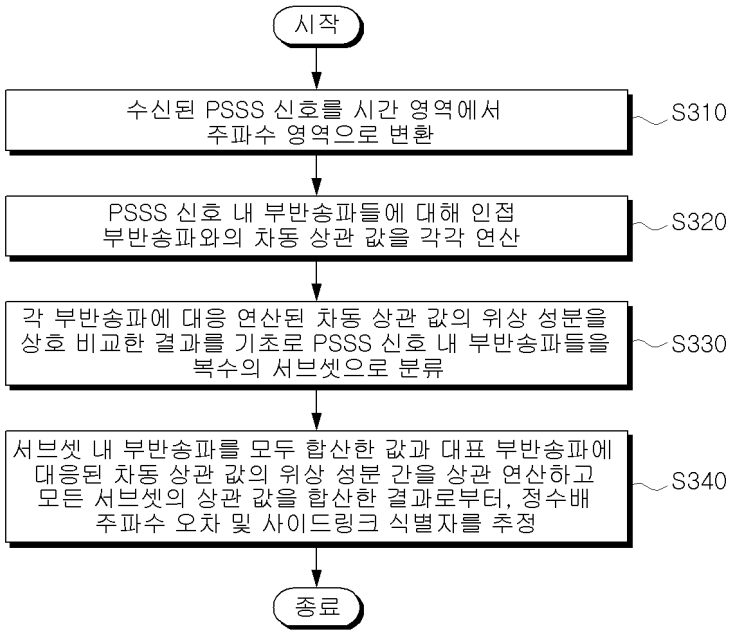
도면1



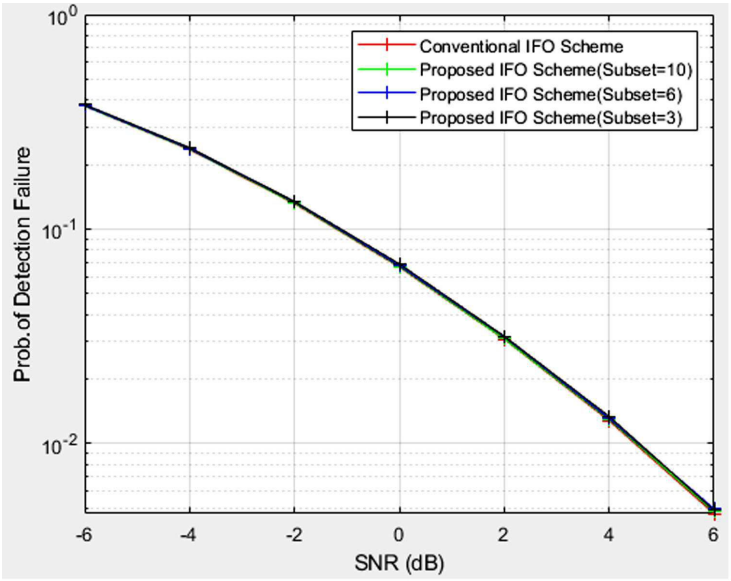
도면2

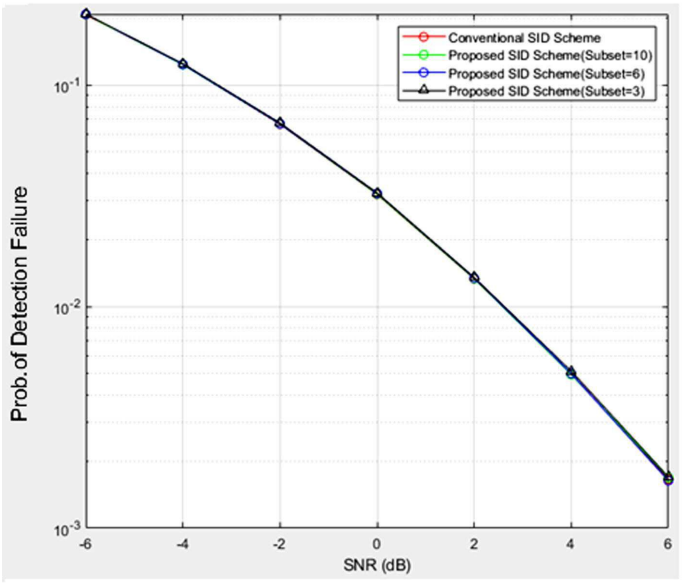


도면3


시작
수신된 PSSS 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환
S310
PSSS 신호 내 부반송파들에 대해 인접 부반송파와의 차동 상관 값을 각각 연산
S320
각 부반송파에 대응 연산된 차동 상관 값의 위상 성분을 상호 비교한 결과를 기초로 PSSS 신호 내 부반송파들을 복수의 서브셋으로 분류
S330
서브셋 내 부반송파를 모두 합산한 값과 대표 부반송파에 대응된 차동 상관 값의 위상 성분 간을 상관 연산하고 모든 서브셋의 상관 값을 합산한 결과로부터, 정수배 주파수 오차 및 사이드링크 식별자를 추정
S340
종료

도면4


Conventional IFO Scheme
Proposed IFO Scheme(Subset=10)
Proposed IFO Scheme(Subset=6)
Proposed IFO Scheme(Subset=3)
Prob.of Detection Failure
SNR (dB)


Conventional SID Scheme
Proposed SID Scheme(Subset=10)
Proposed SID Scheme(Subset=6)
Proposed SID Scheme(Subset=3)
Prob.of Detection Failure
SNR (dB)