



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0027410
(43) 공개일자 2019년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/26 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H04L 27/2657 (2013.01)

H04L 25/0204 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0113995

(22) 출원일자 2017년09월06일

심사청구일자 2017년09월06일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

김윤희

경기도 성남시 분당구 정자로 144, 406동 1602호 (정자동, 정든마을우성4단지아파트)

윤주흠

경기도 화성시 동탄중앙로 51 623동 2204호 (반송동, 동탄나루마을한화꿈에그린아파트)

정연진

경기도 시흥시 복지로71번길 4-1 (대야동)

(74) 대리인

김동용, 김홍석

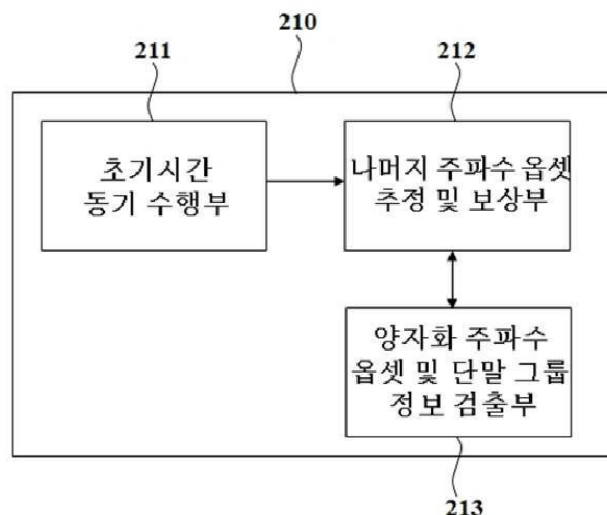
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 단말 간 통신에서의 반송파 주파수 옵셋 추정과 단말 정보 검출 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 옵셋 추정과 단말 정보 검출 방법은, 각각의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 PSSS 수신 단계; 및 상기 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해 획득된 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 옵셋(q) 및 단말 정보(i)를 검출하는 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계를 포함하고, 상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 옵셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 옵셋과 상기 양자화된 주파수 옵셋(q)의 차이에 의해 결정되고, 단말 간 통신 또는 차량 통신에서처럼 반송파 주파수 옵셋의 발생 범위가 넓게 나타나는 경우, PSSS와 같은 동기 신호를 이용하여 넓은 범위의 반송파 주파수 옵셋을 효과적으로 추정하는 방법과 동기 신호에 포함된 송신 단말 정보를 획득하는 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H04L 27/2671 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2015R1A2A2A01005390

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초 (중견연구자지원)

연구과제명 협력과 다중 안테나 기반 무선 에너지 정보 전송 연구

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2017.05.01 ~ 2018.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말정보 검출 방법에 있어서,

각각의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 PSSS 수신 단계; 및

상기 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해 획득된 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 PSSS에 포함된 단말 정보(i)를 검출하는 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 포함하고,

상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 오프셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 오프셋과 상기 양자화된 주파수 오프셋(q)의 차이에 의해 결정되는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말정보 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계에서,

상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2

$$J_K(q, i) = \sum_{k=-K}^K T(q, i, \xi_k)$$

메트릭 $J_K(q, i)$ 를 최대로 하는 가설 $H_{(q, i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q, i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

$$\xi_k = k \frac{R}{2K}$$

상기 제2 메트릭에서 ξ_k 로 선택하여,

$$J_0(q, i) = T(q, i, 0) \quad \text{또는} \quad J_1(q, i) = T(q, i, 0) + T(q, i, R/2) + T(q, i, -R/2)$$

를 최대로 하는 가설 $H_{(q, i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q, i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 양자화된 주파수 오프셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 상기 단말 정보와 관련된 그룹 ID의 검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $J_0(q, i)$ 또는 상기 $J_1(q, i)$ 중 하나를 선택하는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 PSSS 수신 단계에서, 상기 PSSS를 포함하는 D2D 사이드링크 부프레임(subframe)을 수신하고,

상기 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계 이전에,

다중 경로 페이딩 환경에서 상기 수신된 PSSS의 자기 상관 함수를 이용하여 상기 PSSS의 시간 동기를 획득하는 시간 동기 획득 단계 ;

상기 획득된 시간 동기에 따라 정수배 주파수 옵셋을 추정하는 나머지 주파수 옵셋 추정 단계를 더 포함하는, 반송파 주파수 옵셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 PSSS는 z_m 으로 표현되고,

상기 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계는,

$\hat{h}_m(q, i) = (X^H(i)X(i))^{-1}X^H(i)G^H(\epsilon_q + \xi)z_m$ 에 의해 상기 각각의 PSSS 수신 시마다 최대 우도 추정 값을 추정하는 최대 우도 추정 단계를 포함하고,

상기 추정된 최대 우도 추정 값에 기반하여, 오류 벡터를 최소로 하는, 상기 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 은,

$T(q, i, \xi) = z_0^H G(\epsilon_q + \xi)P_{X(i)}G^H(\epsilon_q + \xi)z_0 + z_1^H G(\epsilon_q + \xi)P_{X(i)}G^H(\epsilon_q + \xi)z_1$ 와 같이 주어지는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 옵셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 7

단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 옵셋 추정 및 단말 정보 검출 방법에 있어서,

복수의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 PSSS 수신 단계; 및

상기 복수의 PSSS에 공통된 채널 특성 추정을 통해 획득된 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 옵셋(q) 및 단말 정보(i)를 검출하는 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계를 포함하고,

상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 옵셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 옵셋과 상기 양자화된 주파수 옵셋(q)의 차이에 의해 결정되는, 반송파 주파수 옵셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계에서,

상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2

메트릭 $F_K(q, i) = \sum_{k=-K}^K M(q, i, \xi_k)$ 를 최대화 하는 가설 $H_{(q, i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q, i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 옵셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 메트릭에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 선택하여,

$F_0(q, i) = M(q, i, 0)$ 또는 $F_1(q, i) = M(q, i, -R/2) + M(q, i, 0) + M(q, i, R/2)$ 를 최대로 하는 가설 $H_{(q, i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q, i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 양자화된 주파수 오프셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 상기 단말 정보 검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $F_0(q, i)$ 또는 상기 $F_1(q, i)$ 중 하나를 선택하는 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 PSSS 수신 단계에서, 상기 PSSS를 포함하는 D2D 사이드링크 부프레임(subframe)을 수신하고,

상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계 이전에,

다중 경로 페이딩 환경에서 상기 수신된 PSSS의 자기 상관 함수를 이용하여 상기 PSSS의 시간 동기를 획득하는 시간 동기 획득 단계 ;

상기 획득된 시간 동기에 따라 정수배 주파수 오프셋을 추정하는 나머지 주파수 오프셋 추정 단계를 더 포함하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 복수의 PSSS는 $z_T = z_0, z_1$ 을 포함하고,

상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계는,

$\hat{h}(q, i) = \frac{1}{2} (X^H(i)X(i))^{-1} X^H(i) G_T^H(\epsilon_q + \xi) z_T$ 에 의해 최대 우도 추정 값을 추정하는 최대 우도 추정 단계를 포함하고,

상기 추정된 최대 우도 추정 값에 기반하여, 오류 벡터

$(\hat{q}, \hat{i}) = \underset{(q, i) \in S_q \times I_D}{\operatorname{argmin}} \|z_T - G_T(\epsilon_q + \xi)X(i)\hat{h}(q, i)\|^2$ 를 최소로 하는, 상기 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 는,

$$M(q, i, \xi) = z_T^H G_T(\epsilon_q + \xi) P_{X(i)} G_T^H(\epsilon_q + \xi) z_T$$

$$= [z_0^H G(\epsilon_q + \xi) + z_1^H e^{-j\theta_1} G(\epsilon_q + \xi)] P_{X(i)} [G^H(\epsilon_q + \xi) z_0 + e^{-j\theta_1} G^H(\epsilon_q + \xi) z_1]$$
 와 같이 주어지고, 여기

$P_{X(i)} = X(i)(X^H(i)X(i))^{-1}X^H(i)$ 인 것을 특징으로 하는, 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말 정보 검출 방법.

청구항 13

단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 오프셋 추정을 수행하는 단말에 있어서,

각각의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 송수신부; 및

상기 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해 획득된 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 상기 PSSS에 포함된 단말 정보(i)를 검출하는 모듈을 포함하고,

상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 오프셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 오프셋과 상기 양자화된 주파수 오프셋(q)의 차이에 의해 결정되는, 단말.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 모듈은,

상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2

$$J_K(q, i) = \sum_{k=-K}^K T(q, i, \xi_k)$$

메트릭 $J_K(q, i)$ 를 최대화 하는 가설 $H_{(q, i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q, i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출을 수행하는 것을 특징으로 하는, 단말.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 모듈은,

$$\xi_k = k \frac{R}{2K}$$

상기 제2 메트릭에서 $J_K(q, i)$ 로 선택하여,

$$J_0(q, i) = T(q, i, 0) \quad \text{또는} \quad J_1(q, i) = T(q, i, 0) + T(q, i, R/2) + T(q, i, -R/2)$$

를 최대화 하는 가설 $H_{(q, i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q, i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출을 수행하는 것을 특징으로 하는, 단말.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 모듈은,

상기 양자화된 주파수 오프셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 단말 정보 검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $J_0(q, i)$ 또는 상기 $J_1(q, i)$ 중 하나를 선택하는 것을 특징으로 하는, 단말.

청구항 17

단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 오프셋 추정을 수행하는 단말에 있어서,

복수의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 송수신부; 및

상기 복수의 PSSS에 공통된 채널 특성 추정을 통해 획득된 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 상기 PSSS에 포함된 단말 정보(i)를 검출하는 모듈을 포함하고,

상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 오프셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 오프셋과 상기 양자화된 주파수 오프셋(q)의 차이에 의해 결정되는, 단말.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 모델은,

상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2

메트릭 $F_K(q,i) = \sum_{k=-K}^K M(q,i,\xi_k)$ 를 최대로 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출을 수행하는 것을 특징으로 하는, 단말.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 모델은,

상기 제2 메트릭에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 선택하여,

$F_0(q,i) = M(q,i,0)$ 또는 $F_1(q,i) = M(q,i,-R/2) + M(q,i,0) + M(q,i,R/2)$ 를 최대로 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출을 수행하는 것을 특징으로 하는, 단말.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 모델은,

상기 양자화된 주파수 오프셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 단말 정보 검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $F_0(q, i)$ 또는 상기 $F_1(q, i)$ 중 하나를 선택하는 것을 특징으로 하는, 단말.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 단말 간 통신에서의 반송파 주파수 오프셋 추정과 단말 정보 검출 방법 및 이를 수행하는 단말에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 단말간 (device-to-device: D2D) 통신 또는 차량 (vehicular-to-everything V2X) 통신을 지원할 때 반송파 주파수 오프셋 추정과 단말 정보 검출 방법 및 이를 수행하는 단말에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 직교 주파수 분할 다중화 (Orthogonal frequency division multiplexing) 방식을 기반으로 한 무선 통신 시스템의 가장 큰 단점은 주파수 동기가 맞지 않을 경우 부반송파 간 직교성이 무너져서 정보를 신뢰성 있게 복원하기 어렵다는 것이다. 그러므로 직교 주파수 분할 다중화 시스템에서 반송파 주파수 오프셋을 정확하게 추정하는 것이 매우 중요하다.

[0003] 단말간 (D2D) 통신에서 특히 단말이 기지국 전송 영역 밖에 있는 (out-of-coverage) 경우 동기 기준을 기지국이 아닌 다른 단말에 맞추어야 하므로 초기에 발생하는 반송파 주파수 오프셋의 범위가 매우 크게 된다. 이러한 단말간 (D2D) 통신을 차량 통신으로 확장할 경우 고속 이동 환경에서 송신기와 수신기가 동시에 이동함에 따라 발생 가능한 반송파 주파수 오프셋의 범위가 더 커지게 된다.

[0004] 기존의 선행 특허에서는 (US 20160227496A1, Synchronization of device to device communication

filed on Sep 26, 2014) 단말간 통신을 지원하기 위해 LTE Sidelink Channel을 기반으로 한 동기 절차 및 자원 할당, 또한 동기 신호를 전송하는 방법을 제공하고 있다. 기존의 또 다른 선행 특허에서는 (US2016/0174174 A1, Method and apparatus for detecting synchronization signal in wireless communication system, Pub. Date June 16, 2016) 단말간 통신에서 초기 반송파 주파수 오프셋 발생 범위가 커지는 문제점을 인지하여 LTE 표준에서 제공하는 PSSS 신호 특성을 이용하여 정수배 주파수 오프셋과 (Integral Frequency Offset, IFO) 단말 정보를 동시에 획득하는 데 필요한 메트릭 계산 복잡도를 줄이는 방법을 제공하였다. 그러나 이 방법은 정합 여파기 (matched filtering) 기반의 메트릭을 사용함으로써, 초기 단계에서 위상 정보가 없고 다중경로 페이딩 채널에서 시간 지연 확산에 의해 발생하는 심볼간 간섭 문제를 고려하지 않았다는 문제점이 있다..

[0005] 다중경로 페이딩 채널에서 정수배 주파수 오프셋을 (Integral Frequency Offset, IFO) 추정하는 성능 향상 방안으로 최대우도 (Maximum Likelihood, ML) 방식으로 채널 추정과 정수배 주파수 오프셋 추정을 수행하는 방법이 기존 논문 [Z. Z. Lu, L. L. Zhao, and J. J. Li, "Further results on the maximum likelihood IFO estimation for OFDM systems," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 2, no. 53, pp. 286-288, 2007.]에서 제안되었다. 그러나, 이러한 방법은 소수 부분 주파수 오프셋 (fractional frequency offset, FFO) 없다는 가정하에 하나의 심볼만을 이용하여 수행하였고 소수 부분 주파수 오프셋에 의한 성능 저하를 고려하지 않았다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 미국공개특허 US2016/0174174A1(2016.06.16)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는, 단말간 통신 또는 차량 통신에서 반송파 주파수 오프셋을 효율적으로 추정하는 방법과 단말 정보 검출 방법을 제공하는 것을 목표로 한다.

[0008] 또한, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는, 단말간 통신 또는 차량 통신에서 진행되는 주파수 오프셋 추정에서 발생하는 추정 오차에 강인하고 반복 전송되는 PSSS 신호 특성을 잘 활용할 수 있는 주파수 오프셋 추정을 제공하는 것을 목표로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 양상에 따른 단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 오프셋 추정 방법과 단말 정보 검출 방법은, 각각의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 PSSS 수신 단계; 및 상기 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해 획득된 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 PSSS에 포함된 단말 정보(i)를 검출하는 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 포함하고, 상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 오프셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 오프셋과 상기 양자화된 주파수 오프셋(q)의 차이에 의해 결정되고, 단말 간 통신 또는 차량 통신에서처럼 반송파 주파수 오프셋의 발생 범위가 넓게 나타나는 경우, PSSS와 같은 동기 신호를 이용하여 넓은 범위의 반송파 주파수 오프셋을 효과적으로 추정하는 방법과 동기 신호에 포함된 송신 단말 정보를 획득하는 방법을 제공할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 따르면, 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계에서, 상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2 메트릭 [수학식 18]을 최대화 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행할 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 따르면, 상기 제2 메트릭에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 선택하여, [수학식 19] 또는 [수학식 20]을 최대화 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행할 수

있다.

[0012] 일 실시 예에 따르면, 상기 양자화된 주파수 오프셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 상기 단말 정보와 관련된 그룹 ID의 검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $J_0(q, i)$ 또는 상기 $J_1(q, i)$ 중 하나를 선택할 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 가설 선택 단계에서, 상기 각각의 PSSS는 z_m 으로 표현되고, $\widehat{h}_m(q, i) = (X^H(i)X(i))^{-1} X^H(i) G^H(\varepsilon_q + \xi) z_m$ 을 이용하여 최대 우도 추정 값을 추정하는 최대 우도 추정 단계를 포함할 수 있다. 한편, 상기 추정된 최대 우도 추정 값에 기반하여, 오류 벡터를 최소화 하는, 상기 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 는 [수학식 17]과 같이 주어진다.

[0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계에서, 상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2 메트릭 [수학식 11]를 최대로 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 양상에 따른, 단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 오프셋 추정과 단말 정보 검출 방법은, 복수의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하는 PSSS 수신 단계; 및 상기 복수의 PSSS에 공통된 채널 특성 추정을 통해 획득된 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 단말 정보(i)를 검출하는 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 포함하고, 상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 오프셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 오프셋과 상기 양자화된 주파수 오프셋(q)의 차이에 의해 결정된다.

[0016] 일 실시 예에 따르면, 상기 제2 메트릭에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 선택하여, [수학식 12] 또는 [수학식 13]을 최대로 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계를 수행할 수 있다.

[0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 양자화된 주파수 오프셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 상기 단말 정보검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $F_0(q, i)$ 또는 상기 $F_1(q, i)$ 중 하나를 선택할 수 있다.

[0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 PSSS 수신 단계에서, 상기 PSSS를 포함하는 D2D 사이드링크 부프레임(subframe)을 수신하고, 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계 이전에, 다중 경로 페이딩 환경에서 상기 수신된 PSSS의 자기 상관 함수를 이용하여 상기 PSSS의 시간 동기를 획득하는 시간 동기 획득 단계; 및 상기 획득된 시간 동기에 따라 정수배 주파수 오프셋을 추정하는 단일 주파수 오프셋 추정 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 각각의 PSSS는 z_m 으로 표현되고, 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출 단계는, [수학식 8]을 이용하여 최대 우도 추정 값을 추정하는 최대 우도 추정 단계를 포함하고, 상기 추정된 최대 우도 추정 값에 기반하여, 오류 벡터를 최소화 하는, 상기 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 는 [수학식 10]과 같이 주어진다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 단말간 통신 또는 차량 통신에서처럼 반송파 주파수 오프셋의 발생 범위가 넓게 나타나는 경우, PSSS와 같은 동기 신호를 이용하여 넓은 범위의 반송파 주파수 오프셋을 효과적으로 추정하는 방법과 동기 신호에 포함된 송신 단말 정보를 획득하는 방법을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 선행되는 주파수 오프셋 추정에서 발생하는 추정 오차에 강인하고 반복 전송되는 PSSS 신호 특성을 잘 활용할 수 있는 주파수 오프셋 추정 범위 확장 방법과 단말 정보 획득 방법을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명과 관련하여, D2D 동기를 위한 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 포함하는 부프레임(subframe) 구조를 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 시간 및 주파수 동기를 수행하는 수신 단말의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명에 따른 단말, 특히 시간 및 주파수 동기 수행 방법을 수행하는 수신 단말의 모뎀의 상세 구성을 나타낸 블록도이다.

도 4는 본 발명에 따른 양자화 주파수 옵셋 검출 확률에 대한 모의실험 결과를 도시한다.

도 5는 본 발명에 따른 단말 정보 검출 확률에 대한 모의실험 결과를 도시한다.

도 6은 본 발명에 따른 반송파 주파수 옵셋 추정 방법의 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다.
- [0024] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.
- [0025] 제1, 제2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0026] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는"이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0027] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.
- [0028] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0029] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈", "블록" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0030] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야에 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명한다. 하기에서 본 발명의 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지의 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0031] 이하, 본 발명에 따른 단말 간 통신(D2D: Device-to-Device)에서의 반송파 주파수 옵셋 추정 방법 및 이를 수행하는 단말에 대해 살펴보기로 하자.
- [0032] 먼저, 도 1은 본 발명과 관련하여, D2D 동기를 위한 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 포함하는 부프레임(subframe) 구조를 나타낸다. 도 1에 도시된 바와 같이, 단말간(D2D) 통신에서 한 단말이 다른 단말들이 동기를 맞추는 기준 역할을 할 때 상기 기준 단말은 LTE D2D 표준에 따른다 즉, 도 1과 같이 동기 기준을 제공하기 위해 PSSS 신호가 포함된 D2D Sidelink 부프레임을 전송한다. 이 때, D2D Sidelink 부프레임은 PSSS 신호가 두 번 반복 전송되며, 한 PSSS 신호는 시간 영역에서 $N_{CP} + N_{FFT}$ 샘플로 구성된다. 여기서 N_{FFT} 는 FFT 크기로 유효 데이터 샘플 수이고, N_{CP} 는 유효 데이터 샘플 앞에 삽입되는 순환 전치(Cyclic Prefix) 길이이다.
- [0033] 한편, PSSS의 유효 데이터 부분은 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

$$d_{u_i}(n) = \sum_{k=31}^{30} D_{u_i}(k+31) \exp\left(j \frac{2\pi(k+0.5)n}{N}\right), n=0,1,\dots,N-1$$

[0034]

여기서 $D_{u_i}(l), l=0,1,\dots,61$ 은 표준에서 정의한 ZC (Zadoff-Chu) 수열로, ZC 수열의 근 인자 u_i 는 단말 정보 $i=0,1$ 에 따라 $u_0=26$ 또는 $u_1=37$ 가 된다. 단말 정보 i 는 Sidelink ID 집합 정보로 각 단말은 네트워크 내에 있는지 ($i=0$), 네트워크 밖에 있는지 ($i=1$)를 나타낸다. 단말은 네트워크 내에 있으면 0 ~ 167사이의 정수값을 Sidelink ID로 배정받고, 네트워크 밖에 있으면 168~335 사이의 정수값을 Sidelink ID로 배정받는다. 부연하면, 송신 단말의 Sidelink ID가 0~ 167 가운데 하나의 값을 가지면 단말 정보는 $i=0$ 이고, 상기 송신 단말이 전송하는 PSSS는 근 인자가 $u_0=26$ 인 ZC 수열로 구성된다. 송신 단말의 Sidelink ID가 168~335 사이의 한 정수 값을 가지면 단말 정보는 $i=1$ 이고, 상기 송신 단말이 전송하는 PSSS는 근 인자가 $u_1=37$ 인 ZC 수열로 구성된다.

[0035]

$$[d_{u_i}(N-N_{cp}), d_{u_i}(N-N_{cp}+1), d_{u_i}(N-1), d_{u_i}(0), d_{u_i}(1), \dots, d_{u_i}(N-1)]$$

[0036]

와 같이, 하나의 PSSS 신호는 N_{cp} 길이의 순환 전치와 N 개의 유틸 데이터로 구성된다.

[0037]

상기 PSSS가 포함된 LTE Sidelink subframe을 수신한 다른 단말들은 수신 신호로부터 시간과 주파수 동기를 맞추는 다. 이때 두 PSSS 신호 시간 동안 채널 변화가 없다고 가정하면, T_s 마다 샘플링된 수신 신호는 [수학식 2]와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$y(n) = \sum_{l=0}^{L-1} h(l)x(n-l) \exp\left(j \frac{2\pi \epsilon n}{N}\right) + w(n)$$

[0038]

여기서 $x(n)$ 은 PSSS를 포함한 Sidelink 송신 신호, L 은 다중경로 페이딩의 최대 시간 길이, $h(l)$ 은 l 번째 다중 경로 페이딩 진폭, $w(n)$ 은 평균이 0이고 분산이 σ_w^2 인 독립 정규 잡음, $\epsilon = f_0 N T_s$ 는 실제 반송파 주파수 오프셋 f_0 를 부반송파 간격 $1/NT_s$ 로 정규화한 주파수 오프셋 값이다.

[0039]

동기 신호가 반복 전송되는 경우 수신 단말이 시간과 주파수 동기를 맞추는 방법으로 자기 상관을 이용할 수 있다. [수학식 3]은 수신 신호에 대해 정규화하지 않은 자기 상관 함수를 이용한 것이다.

[0040]

수학식 3

$$A(n') = \sum_{n=n'}^{n'+N-1} y^*(n)y(n+N+N_{cp})$$

[0041]

수신 단말은 상기의 자기 상관 함수를 포함하는 메트릭을 최대로 하는 $n'=n_0$ 을 찾음으로써, PSSS의 시작점을 찾을 수 있고, 상기 시작점에서의 자기 상관 값으로 정규화된 주파수 오프셋을 [수학식 4]와 같이 추정할 수 있다.

[0042]

수학식 4

$$\hat{\epsilon} = \frac{N}{2\pi(N+N_G)} \angle A(n_o) = \frac{R}{2\pi} \angle A(n_o)$$

[0043]

여기서 $\angle$ 는 복소수의 위상을 나타내는 함수이고, $R = \frac{N}{N_{cp}+N}$ 이다.

[0044]

[수학식 4]로 추정 가능한 $\epsilon = f_0NT_s$ 의 범위는 $-R/2 \leq \hat{\epsilon} \leq R/2$ 이다. 곧, 부반송파 간격 $1/NT_s$ 이 15kHz인 LTE

[0045]

시스템에서, $N=1024$, $N_{cp}=78$ 이면, $R=0.9344$ 이고 정규화된 주파수 오프셋 추정 범위는 $-0.4572 \leq \hat{\epsilon} \leq 0.4672$ 이다. 결국, 추정 가능한 반송파 주파수 오프셋 범위는 $|f_0| \leq 6.858\text{kHz}$ 이다. 한편, 단말간 (D2D) 통신에서는 환경에 따라 반송파 주파수 오프셋이 $\pm 50\text{ kHz}$ 까지도 발생할 수 있다. 따라서 [수학식 4]의 주파수 오프셋 추정 방법으로는 단말간 통신에서 발생하는 넓은 범위의 반송파 주파수 오프셋 추정이 가능하지 않다.

[0046]

본 발명에서는 초기 동기 과정에서 추정 가능한 정규화된 주파수 오프셋 범위를 이라고 할 때, 정규화된 주파수 오프셋을 [수학식 5]와 같이 두 부분으로 나눈다.

수학식 5

$$\epsilon = \epsilon_q + r, \epsilon_q = qR \\ q \in \{-Q, -Q+1, \dots, Q\}, r \in (-R/2, R/2]$$

[0047]

여기서 Q 는 수신 단말이 겪은 반송파 주파수 오프셋의 최대값 $f_{\max}$ 에 의해 $Q = \lfloor \frac{f_{\max}NT_s}{R} \rfloor$ 로 결정되는 자연수이다.

[0048]

예를 들어, $f_{\max}=50\text{kHz}$, $N=1024$, $N_{cp}=78$, $1/T_s=15.36 \times 10^6$ 일 때, 초기 동기 과정에서 [수학식 4]로 주파수 오프셋을 추정하면, $R=0.9344$ 이고 $Q=3$ 이다.

[0049]

한편, $\epsilon_q = qR$ 가 정수인 경우는 다음과 같다. 이와 관련하여, 하나의 OFDM 심볼 내 길이가 N 인 유효 부분이 $N/2$ 씩 반복되는 구조를 적용하여 $R=2$ 이고, $\epsilon_q = 2q$ 가 짝수 값을 가지는 경우를 고려하였다. 이와 관련하여, $\epsilon_q = 2q$ 를 정수부분 주파수 오프셋 (integral frequency offset: IFO), 그에 따라 남은 $-1 \leq r \leq 1$ 은 소수부분 주파수 오프셋 (fractional frequency offset: FFO)이라 지칭할 수 있다. 이러한 연구에서는 소수부분 주파수 오프셋이 완벽하게 추정되었다는 가정하고, 정수부분 주파수 오프셋 $\epsilon_q = 2q$ 에 의해 주파수 영역에서 $\epsilon_q = 2q$ 부반송파만큼 이동된 동기 신호를 주파수 영역 상관을 통해 $\epsilon_q = 2q$ 를 얻었다. 또한, 하나의 OFDM 심볼로 정수배 주파수 오프셋을 추정하였다.

[0050]

반면 본 발명에서는 이에 정수부분 주파수 오프셋에 한정하지 않고, R 이 정수가 아닌 임의의 양수 값이 되는 경우를 또한 고려하여, ϵ_q 또한 정수가 아닌 소수 부분을 가질 수 있다. 이에 본 발명에서는 [수학식 5]에서 R 을 양자화 단계 (quantization step)로 정의하고, ϵ_q 와 r 을 각각 양자화 단계 R 로 양자화했을 때 양자화된 주파수 오프셋 (quantized CFO; QFO)과 나머지 주파수 오프셋 (remainder of CFO; RFO)으로 부른다.

[0051]

나머지 주파수 오프셋 r 은 [수학식 4]의 방법 또는 다른 방법으로도 추정할 수 있으나, 실제 시스템에서 추정이 완벽하지 않을 수 있다. 나머지 주파수 오프셋 추정치를 $\hat{r}$ 로 쓰면, 잔류 오류 $\xi = \hat{r} - r$ 는 $|\xi| < R$ 범위에서 발생

[0052]

한다. 나머지 주파수 옵셋이 없거나 추정치 완벽할 경우 $\xi=0$ 이다.

[0053] 도 2는 본 발명에 따른 시간 및 주파수 동기를 수행하는 수신 단말의 구성을 나타낸 블록도이다. 한편, 도 3은 본 발명에 따른 단말, 특히 시간 및 주파수 동기 수행 방법을 수행하는 수신 단말의 모뎀의 상세 구성을 나타낸 블록도이다. 도 2와 관련하여, 수신 단말(200)은 송신 단말(미도시)로부터 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신하여 시간/주파수 동기를 수행한다. 한편, 수신 단말(200)은 모뎀(210), 및 송수신부(220)를 포함한다. 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, 모뎀(210)은 초기 시간 동기 수행부(211), 나머지 주파수 옵셋 추정 및 보상부(212), 및 양자화 주파수 옵셋 및 단말 정보 검출부(213)를 포함한다. 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, 시간 동기 및 주파수 동기 수행 방법은, 초기 시간 동기 → 나머지 주파수 옵셋 추정 및 보상 → 양자화 주파수 옵셋 및 단말 정보 검출의 순서로 수행될 수 있지만 이에 한정된 것은 아니다.

[0054] 본 발명에서는 [도 3]과 같이 초기 시간 동기와 나머지 주파수 옵셋 추정 과정 및 보상 수행 후 양자화된 주파수 옵셋과 단말 정보를 얻는 방법을 명시한다. 제안하는 방법을 기술하기 위해 [수학식 2]의 수신 샘플에서 나머지 주파수 옵셋 추정값을 보상한 신호를 $z(n)=y(n)e^{-j2\pi n\hat{\nu}}N$ 로 나타낸다. 이러한 나머지 주파수 옵셋 추정값을 보상한 신호에서 순환 전치를 제거한 m번째 PSSS 수신 신호 벡터는 $z_m=[z_m(0), z_m(1), \dots, z_m(N-1)]^T$ 로 나타낼 수 있다. 송신 단말 정보가 i이고 수신 단말의 양자화된 주파수 옵셋이 $\varepsilon_q=qR$ 이고, 잔류 오류 ξ 가 있을 때 m번째 PSSS 수신 벡터는 [수학식 6]과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

$$z_m=e^{j\theta_m}G(\varepsilon_q+\xi)X(i)h+v_m, m=0,1$$

[0056] 여기서 θ_m 은 주파수 옵셋으로 인한 m번째 PSSS가 겪은 공통 위상 천이(common phase shift)로, 일반성 상실 없

$$\text{이 } \theta_0=0, \theta_1=\frac{2\pi(\varepsilon_q+\xi)}{R} \text{로 둘 수 있다.}$$

$$G(\phi)=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j2\pi\phi/N} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & e^{j4\pi\phi/N} & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & e^{j2\pi\phi(N-1)/N} \end{bmatrix}$$

[0057] 는 주파수 옵셋으로 인한 수신 샘플마다의 위상 천이를 반영한 대각 행렬,

$$X(i)=\begin{bmatrix} d_{u_i}(0) & d_{u_i}(N-1) & d_{u_i}(N-2) & \dots & d_{u_i}(N-N_{cp}-1) \\ d_{u_i}(1) & d_{u_i}(0) & d_{u_i}(N-1) & \dots & d_{u_i}(N-N_{cp}-2) \\ d_{u_i}(2) & d_{u_i}(1) & d_{u_i}(0) & \dots & d_{u_i}(N-N_{cp}-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{u_i}(N-1) & d_{u_i}(N-2) & d_{u_i}(N-3) & \dots & d_{u_i}(N-N_{cp}) \end{bmatrix}$$

[0058] 는 첫 열 벡터가 시간 영역 PSSS 송신 신호이고, 다른 열은 첫 열의 순환 이동으로 구성되는 circulant 행렬,

$$h=[h(0), h(1), \dots, h(L-1), 0, \dots, 0]^T \text{는 길이가 } N_{cp} \text{인 채널응답 벡터,}$$

[0060] $v_m=[v_m(0), v_m(1), \dots, v_m(N-1)]^T$ 는 $w(n)e^{-j2\pi n\hat{\nu}}N$ 에 해당하는 의 평균이 0이고 분산이 σ^2 인 독립 정규 잡음이다.

[0061] [수학식 6]에서 $X(i)$ 의 열의 개수는 다중경로 페이딩 채널의 최대 시간 길이 L로 제한되나, 초기 동기 확

특 시 L을 알 수 없는 경우가 많다. 이러한 경우 이 순환 전치 길이 Ncp보다 작을 가능성이 높으므로, 채널 벡터 길이를 Ncp로, 열의 개수도 Ncp로 가정하였다. 만약 L을 미리 알고 있다면 채널 벡터 길이를 L로 한정하고, X(i)도 N×L로 고려하여 아래 내용을 그대로 적용할 수 있다.

[0062] [수학식 6]에서 양자화된 주파수 옵션 q는 $S_q = -Q, -Q+1, \dots, Q$ 중 하나의 값을 갖고, 단말 정보는 $I_D = 0, 1$ 중 하나의 값을 가질 수 있다.

[0063] 이에 따라, 수신 단말(200)은 자신의 요청 여부와 관계없이, 양자화된 주파수 옵션과 단말 정보를 복원할 필요가 있다. 따라서, 다중 가설 $H_{(q,i)}, (q,i) \in S_q \times I_D$ 을 수립하고 이 가운데 하나의 가설을 선택함으로써 양자화된 주파수 옵션 $\hat{q}$ 와 단말 정보 $\hat{i}$ 를 결정한다.

[0064] 본 발명의 일 실시 예에서는 다중 가설 $H_{(q,i)}, (q,i) \in S_q \times I_D$ 중 하나의 가설 $H_{(\hat{q}, \hat{i})}$ 를 검정하는 방법으로 각 가설이 옳바른다는 가정하에 두 수신 신호 벡터 z_0, z_1 로부터 공통 채널 h의 최대우도(maximum likelihood) 추정 값 $\hat{h}(q,i)$ 을 얻고, 해당 가설 하에 확률적으로 가능성이 가장 큰(최대 우도) 가설을 선택하는 것이다. 이를 위해 두 PSSS 수신 신호를 한 벡터로 나타내면 [수학식 7]과 같다.

수학식 7

$$\underbrace{\begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \end{bmatrix}}_{= z_T} = \underbrace{\begin{bmatrix} e^{j\theta_0} G(\epsilon_q + \xi) \\ e^{j\theta_1} G(\epsilon_q + \xi) \end{bmatrix}}_{= G_T(\epsilon_q + \xi)} X(i) h + \underbrace{\begin{bmatrix} v_0 \\ v_1 \end{bmatrix}}_{= v_T}$$

[0065]

[0066] 가설 $H_{(q,i)}$ 하에서, 잔류 오류 ξ 를 알고 있다는 가정하에 최대우도 채널 추정값은 [수학식 8]과 같다.

수학식 8

$$\hat{h}(q,i) = \frac{1}{2} (X^H(i) X(i))^{-1} X^H(i) G_T^H(\epsilon_q + \xi) z_T$$

[0067]

[0068] 해당 채널 추정값을 이용한 최대우도 가설 검정은 정규 잡음하에서 [수학식 9]와 같다.

수학식 9

$$(\hat{q}, \hat{i}) = \underset{(q,i) \in S_q \times I_D}{\operatorname{argmin}} \| z_T - G_T(\epsilon_q + \xi) X(i) \hat{h}(q,i) \|^2$$

[0069]

[0070] 이때, [수학식 9]에 따라 가설 검정을 하는 방법은 [수학식 10]의 메트릭을 최대로 하는 가설을 선택하는 것과 같다.

수학식 10

$$M(q, i, \xi) = \mathbf{z}_T^H \mathbf{G}_T(\epsilon_q + \xi) \mathbf{P}_{\mathbf{X}(i)} \mathbf{G}_T^H(\epsilon_q + \xi) \mathbf{z}_T$$

$$= [\mathbf{z}_0^H \mathbf{G}(\epsilon_q + \xi) + \mathbf{z}_1^H e^{-j\theta_1} \mathbf{G}(\epsilon_q + \xi)] \mathbf{P}_{\mathbf{X}(i)} [\mathbf{G}^H(\epsilon_q + \xi) \mathbf{z}_0 + e^{-j\theta_1} \mathbf{G}^H(\epsilon_q + \xi) \mathbf{z}_1]$$

$$\mathbf{P}_{\mathbf{X}(i)} = \mathbf{X}(i) (\mathbf{X}^H(i) \mathbf{X}(i))^{-1} \mathbf{X}^H(i)$$

여기서, 이다.

본 발명에서는 [수학식 10]에 포함된 잔류 오류 ξ 에 대해 ξ 가 발생 가능한 $(-R, R)$ 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하여 계산한 [수학식 11]의 메트릭을 최대로 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하는 것이다.

수학식 11

$$F_K(q, i) = \sum_{k=-K}^K M(q, i, \xi_k)$$

여기서 ξ_k 는 잔류 오류 후보값

$$(\hat{q}, \hat{i}) = \arg \min_{(q, i) \in S_q \times I_D} F_K(q, i)$$

상기 메트릭을 활용하여 양자화된 주파수 읍셋과 D2D 단말 정보를 와 같이 동

$$\hat{q} = \arg \min_{q \in S_q} \quad \hat{i} = \arg \min_{i \in I_D} \left[\sum_{q \in S_q} F_K(q, i) \right]$$

시에 얻을 수 있고, 양자화된 주파수 읍셋과 D2D 단말 정보를 독립적으로 얻을 수 있다.

본 발명의 한 일시예에서는 [수학식 11]에서 로 설정하여 [수학식 12]와 [수학식 13] 등의 메트릭을 가설 검정에 활용할 수 있다.

수학식 12

$$F_0(q, i) = M(q, i, 0)$$

수학식 13

$$F_1(q, i) = M(q, i, -R/2) + M(q, i, 0) + M(q, i, R/2)$$

다중 가설 $H_{(q,i),c} (q, i) \in S_q \times I_D$ 에서의 메트릭을 효율적으로 계산하는 방법으로 $M(q-1, i, c) = M(q, i, -c)$ 를 이용하여 복잡도를 줄일 수 있다. 예를 들어, [수학식 12]의 메트릭을 얻기 위해 총 $|S_q| \times |I_D|$ 개의 메트릭을 계산하여야 하나, [수학식 13]의 메트릭을 적용하는 [수학식 12]의 3배가 아닌 2배의 메트릭 계산만이 필요하다.

또한 [수학식 12]와 [수학식 13]의 메트릭을 계산하는 데 있어 [수학식 14]와 [수학식 15]와 같이 단순화된 식을 적용하면 계산 복잡도가 줄어드는 장점이 있다.

수학식 14

$$M(q,i,0) = (z_0 + z_1)^H G(\epsilon_q) P_{X(i)} G^H(\epsilon_q) (z_0 + z_1)$$

[0082]

수학식 15

$$M(q,i,R/2) = (z_0 - z_1)^H G(\epsilon_q + R/2) P_{X(i)} G^H(\epsilon_q + R/2) (z_0 - z_1)$$

[0083]

[0084] 본 발명의 또 다른 실시 예에서 다중 가설 $H_{(q,i)}, (q,i) \in S_q \times I_D$ 중 하나의 가설 $H_{(q,i)}$ 를 검정하는 방법으로 각 가설이 옳바르다는 가정하에 각 수신 신호 벡터 z_m 에 대한 채널을 독립적으로 추정하는 것이다. 이를 위해 [수학식 6]의 수신 신호를 [수학식 16]으로 모형화한다.

수학식 16

$$z_m = G(\epsilon_q + \xi) X(i) h_m + v_m$$

[0085]

[0086] 여기서, $h_0 = e^{j\theta_0} h$, $h_1 = e^{j\theta_1} h$ 이다.

[0087] 독립 채널 추정에서는 각 PSSS 수신 신호마다 가설 하에 채널을 $\hat{h}_m(q,i) = (X^H(i) X(i))^{-1} X^H(i) G^H(\epsilon_q + \xi) z_m$ 와 같이 독립적으로 최대우도 추정한 뒤, 가설을 검증하기 위해 필요한 [수학식 17]의 메트릭을 얻는다.

수학식 17

$$T(q,i,\xi) = z_0^H G(\epsilon_q + \xi) P_{X(i)} G^H(\epsilon_q + \xi) z_0 + z_1^H G(\epsilon_q + \xi) P_{X(i)} G^H(\epsilon_q + \xi) z_1$$

[0088]

[0089] 본 발명에서는 [수학식 14]에 포함된 잔류 오류 ξ 에 대해 ξ 가 발생 가능한 $[-R, R]$ 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하여 계산한 [수학식 15]의 메트릭을 최대로 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하는 것이다.

수학식 18

$$J_K(q,i) = \sum_{k=-K}^K T(q,i,\xi_k)$$

[0090]

[0091] 본 발명의 한 일시예에서는 [수학식 18]에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 설정하여 [수학식 19]과 [수학식 20]의 메트릭을 가

설 검정에 활용할 수 있다.

수학식 19

$$J_0(q,i) = T(q,i,0)$$

수학식 20

$$J_1(q,i) = T(q,i,0) + T(q,i,R/2) + T(q,i,-R/2)$$

본 실시 예에서도 다중 가설 $H_{(q,i)}(q,i) \in S_q \times I_D$ 에서의 메트릭을 효율적으로 계산하는 방법으로 $T(q-1,i,c) = T(q,i,-c)$ 를 이용하여 복잡도를 줄일 수 있다. 즉, 모든 가설에 대해 [수학식 17]의 메트릭을 계산할 때 $T(q-1,i,R/2) = T(q,i,-R/2)$ 임을 이용하여 계산 복잡도를 낮출 수 있다.

이상에서는, 본 발명에 따른 반송파 주파수 오프셋 추정 및 단말정보 검출 방법에 대해 살펴보았다. 아래에서는 이러한 반송파 주파수 오프셋 추정을 수행하는 수신 단말의 각 구성 부분의 동작에 대해 살펴보기로 한다.

이와 관련하여, 도 2 및 도 3을 참조하여, 본 발명에 따른 수신 단말(200)에서의 반송파 주파수 오프셋 추정 방법에 대해 살펴보면 다음과 같다.

송수신부(220)는 복수의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신한다.

모뎀(210)은 상기 복수의 PSSS에 공통된 채널 특성 추정을 통해 획득된 메트릭을 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 PSSS에 포함된 단말 정보(i)를 검출한다. 여기서, 모뎀(210)은 상기 복수의 PSSS에 공통된 채널 특성 추정을 통해 획득된 메트릭 $M(q,i,\xi)$ 를 이용할 수 있다. 이때, 상기 q, i, ξ 는 양자화된 주파수 오프셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 단말 정보(i)를 나타낸다. 한편, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 오프셋과 상기 양자화된 주파수 오프셋(q)의 차이에 의해 결정된다.

한편, 도 3을 참조하면, 초기 시간 동기 수행부(211)는 다중 경로 페이딩 환경에서 상기 수신된 PSSS의 자기 상관 함수를 이용하여 상기 PSSS의 시간 동기를 획득할 수 있다. 또한, 나머지 주파수 오프셋 추정 및 보상부(212)는 상기 수신된 복수의 PSSS로부터 공통된 채널 특성을 추정하여, $2K+1$ 개의 메트릭 $M_k(q,i,\xi)$ 의 합을 최대화하는 가설(Hypothesis) $H_{(q,i)}$ 를 선택할 수 있다. 또한, 양자화 주파수 오프셋 및 단말 정보 검출부(213)는 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여, 상기 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 상기 단말 정보(i)를 검출할 수 있다.

한편, 상기 모뎀(210)은, 상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2 메트릭인 [수학식 11]을 최대화하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출을 수행할 수 있다.

한편, 상기 모뎀(210)은, 상기 제2 메트릭에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 선택하여, [수학식 12] 또는 [수학식 13]을 최대화하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 오프셋/단말 정보 검출을 수행할 수 있다.

본 발명의 다른 실시 예에 따르면, 송수신부(220)는 각각의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)를 수신한다.

모뎀(210)은 상기 각각의 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해 획득된 메트릭 $T(q,i,\xi)$ 를 이용하여, 양자화된 주파수 오프셋(q) 및 단말 정보(i)를 검출한다. 여기서, 모뎀(210)은 상기 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해

획득된 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 를 이용할 수 있다. 이때, 상기 q, i, ξ 는 양자화된 주파수 옵셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 단말 정보(i)를 나타낸다. 한편, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 옵셋과 상기 양자화된 주파수 옵셋(q)의 차이에 의해 결정된다.

[0104] 한편, 모뎀(210)은 상기 잔류 오류(ξ)가 발생 가능한 범위에서 $2K+1$ 개의 후보를 선정하고, 상기 선정된 $2K+1$ 개의 후보에 대한 제2 메트릭인 [수학식 18]을 최대화 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 옵셋/단말 정보 검출을 수행할 수 있다.

[0105] 한편, 모뎀(210)은 상기 제2 메트릭에서 $\xi_k = k \frac{R}{2K}$ 로 선택하여, [수학식 19] 또는 [수학식 20]을 최대화 하는 가설 $H_{(q,i)}$ 를 선택하고, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여 상기 주파수 옵셋/단말 정보 검출을 수행할 수 있다.

[0106] 본 발명의 효과는 [도 4]에 보인 양자화 주파수 옵셋 검출 확률과 [도 5]에서 보인 단말 정보 검출 확률에 대한 모의실험 결과로 볼 수 있다. 즉, 도 4는 본 발명에 따른 양자화 주파수 옵셋 검출 확률에 대한 모의실험 결과를 도시한다. 또한, 도 5는 본 발명에 따른 단말 정보 검출 확률에 대한 모의실험 결과를 도시한다. 모의실험은 $N=1024$, $N_c=78$, $1/N_Ts=15$ kHz인 LTE 시스템에 대해 수행하였고, D2D 그룹은 $i=0$ 이고 정규화된 주파수 옵셋이 $\varepsilon=1.2$ 이며, $Q=1$ 일 때를 고려하였다. 플랫 페이딩 채널과 ITU-R Extended Vehicular A (EVA) 페이딩 채널을 고려하였다. 한편, 본 발명에 따른 결과는 기존의 Zhang's method와 Lu's method 기법과 함께 비교하였다.

[0107] 본 발명에 해당하는 기법으로 [수학식 12]에 의한 Proposed F_0 , [수학식 12]에 의한 Proposed F_1 , [수학식 19]에 의한 Proposed J_0 , [수학식 20]에 의한 Proposed J_1 를 함께 비교하였다. 그 결과 제안 기법은 기존의 방법과 동일한 추정 범위에서 향상된 성능을 제공하는 것을 볼 수 있다. 특히 잔류 오류가 완벽하지 않음을 고려한 Proposed F_1 과 Proposed J_1 의 성능이 Proposed F_0 과 Proposed F_1 보다 성능이 좋음을 볼 수 있으며, 잔류 오류가 있을 때 채널을 독립적으로 추정한 Proposed J_1 의 성능이 조금 더 우수함을 볼 수 있다.

[0108] 한편, [도 4] 및 [도 5]의 결과를 고려하면, 모뎀(210)은 다음과 같은 동작을 수행할 수 있다. 즉, 상기 모뎀(210)은, 상기 양자화된 주파수 옵셋(QFO: Quantized Frequency Offset)의 검출 오류 확률과 연관된 제1 오류 임계치, 상기 단말 정보 검출 오류 확률과 연관된 제2 오류 임계치, 심볼 당 신호 대 간섭비, 및 다중 경로 페이딩 환경 유형에 따라 상기 $F_0(q, i)$ 또는 상기 $F_1(q, i)$ 중 하나를 선택할 수 있다.

[0109] 구체적으로, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제1 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이상이면, 연산의 편의를 위해 $F_0(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제1 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이하이면, 성능 보장을 위해 $F_1(q, i)$ 를 선택할 수 있다.

[0110] 제1 실시 예 (도 4 참조)에 따르면, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제1 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이상이면, 연산의 편의를 위해 $F_0(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제1 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이하이면, 성능 보장을 위해 $F_1(q, i)$ 를 선택할 수 있다.

[0111] 제2 실시 예 (도 5 참조)에 따르면, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제2 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이상이면, 연산의 편의를 위해 $F_0(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제2 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이하이면, 성능 보장을 위해 $F_1(q, i)$ 를 선택할 수 있다.

[0112] 제3 실시 예 (도 4 참조)에 따르면, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제1 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이상이면, 연산의 편의를 위해 $J_0(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제1 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이하이면, 성능 보장을 위해 $J_1(q, i)$ 를 선택할 수 있다.

- [0113] 제4 실시 예 (도 5 참조)에 따르면, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제2 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이상이면, 연산의 편의를 위해 $J_0(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 모뎀(210)은 Flat 환경에서 제2 오류 임계치가 10^{-3} 이고, 심볼 당 신호 대 간섭비(E_s/N_0)가 10dB 이하이면, 성능 보장을 위해 $J_1(q, i)$ 를 선택할 수 있다.
- [0114] 한편, 반송파 주파수 옵셋 추정과 관련하여, $F_k(q, i)$ 를 선택하는 제1 실시 예와 $J_k(q, i)$ 를 선택하는 제3 실시 예는 상호 배타적인 것이 아니다. 즉, 각각의 PSSS로부터 독립된 채널 추정(정확한 초기 주파수 옵셋 추정)을 위해 $J_k(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 이후 주파수 옵셋 추정은 연산 횟수 감소를 위해 복수의 PSSS로부터 공통된 채널 특성 추정을 위해 $F_k(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 한편, $k=0$ 또는 1 (또는 그 이상)을 선택할 지 여부는, 전술한 바와 같이, 오류 임계치 요구 조건 및 E_s/N_0 를 고려하여 선택할 수 있다. 또는, $F_0(q, i)$ 또는 $J_0(q, i)$ 를 연산한 이후에 성능/오류 추정을 통해 $F_1(q, i)$ 또는 $J_1(q, i)$ 를 연산할 수 있다. 이때, $F_1(q, i)$ 또는 $J_1(q, i)$ 연산 시, 연산 속도 향상을 위해 $F_0(q, i)$ 또는 $J_0(q, i)$ 연산 결과를 이용할 수 있다.
- [0115] 또한, 그룹 ID 추정과 관련하여, $F_k(q, i)$ 를 선택하는 제2 실시 예와 $J_k(q, i)$ 를 선택하는 제4 실시 예도 상호 배타적인 것이 아니다. 즉, 각각의 PSSS로부터 독립된 채널 추정(정확한 그룹 ID 추정)을 위해 $J_k(q, i)$ 를 선택할 수 있다. 반면에, 이후 그룹 ID 추정은 연산 횟수 감소를 위해 복수의 PSSS로부터 공통된 채널 특성 추정을 위해 $F_k(q, i)$ 를 선택할 수 있다.
- [0116] 한편, 본 발명의 다른 양상에 따른 반송파 주파수 옵셋 추정 방법에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 이와 관련하여, 도 6은 본 발명에 따른 반송파 주파수 옵셋 추정 방법의 흐름도를 도시한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 반송파 주파수 옵셋 추정 방법은 D2D 사이드링크 부프레임 수신 단계(S110), 시간 동기 획득 단계(S120), 나머지 주파수 옵셋 추정 단계(S130), 가설에 따른 메트릭 선택 단계(S140), 및 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계(S150)를 포함한다.
- [0117] D2D 사이드링크 부프레임 수신 단계(S110)에서, SSS를 포함하는 D2D 사이드링크 부프레임(subframe)을 수신한다. 시간 동기 획득 단계(S120)에서, 다중 경로 페이딩 환경에서 상기 수신된 PSSS의 자기 상관 함수를 이용하여 상기 PSSS의 시간 동기를 획득한다. 나머지 주파수 옵셋 추정 단계(S130)에서, 상기 획득된 시간 동기 에 따라 정수배 주파수 옵셋을 추정할 수 있다.
- [0118] 한편, 본 발명의 일 양상에 따르면, 가설에 따른 메트릭 선택 단계(S140)에서, 복수의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)로부터 공통된 채널 특성을 통해 획득된 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 를 선택한다. 다음으로, 단말 정보 검출 단계(S150)에서, 상기 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 을 이용하여, 양자화된 주파수 옵셋(q) 및 단말 정보(i)를 검출한다. 이때, 상기 q, i, ξ 는 양자화된 주파수 옵셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 단말 정보(i)를 나타낸다. 한편, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 옵셋과 상기 양자화된 주파수 옵셋(q)의 차이에 의해 결정된다.
- [0119] 한편, 상기 복수의 PSSS는 $z_T = z_0, z_1$ 을 포함한다. 또한, 가설에 따른 메트릭 선택 단계(S140)는 [수학식 8]에 의해 최대 우도 추정 값을 추정하는 최대 우도 추정 단계를 포함할 수 있다. 한편, 상기 추정된 최대 우도 추정 값에 기반하여, [수학식 9]의 오류 벡터를 최소로 하는, 상기 메트릭 $M(q, i, \xi)$ 는 [수학식 10]과 같이 주어진다.
- [0120] 반면에, 본 발명의 다른 양상에 따르면, 가설에 따른 메트릭 선택 단계(S140)에서, 각각의 주 사이드링크 동기 신호(PSSS: Primary Sidelink Synchronization Signal)로부터 독립된 채널 추정을 통해, 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 을 선택한다. 다음으로, 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계(S150)는 상기 PSSS로부터 독립된 채널 추정을 통해 획득된 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 을 이용하여, 양자화된 주파수 옵셋(q) 및 단말 정보(i)를 검출한다. 상기 q, i, ξ 는 상기 양자화된 주파수 옵셋(q), 잔류 오류(ξ) 및 상기 단말 정보(i)를 나타내고, 상기 잔류 오류(ξ)는 임의의 주파수 옵셋과 상기 양자화된 주파수 옵셋(q)의 차이에 의해 결정된다.
- [0121] 이때, 상기 각각의 PSSS는 z_m 으로 표현된다. 또한, 가설에 따른 메트릭 선택 단계(S140)는 [수학식 16]을 이용하여 최대 우도 추정 값을 추정하는 최대 우도 추정 단계를 포함할 수 있다. 한편, 상기 추정된 최대 우도 추정 값에 기반하여, 오류 벡터를 최소로 하는, 상기 메트릭 $T(q, i, \xi)$ 는 [수학식 17]과 같이 주어진다.

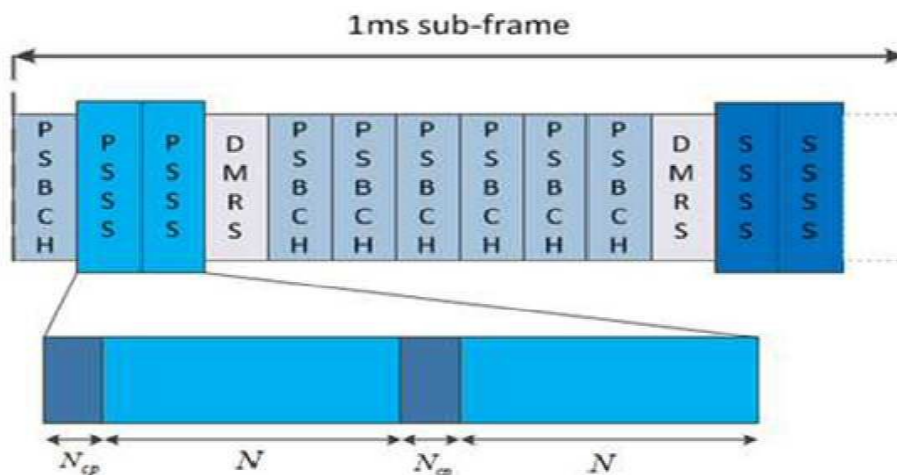
- [0122] 주파수 옵셋/단말 정보 검출 단계(S150)에서, 상기 선택된 $H_{(q,i)}$ 에 기반하여, 상기 양자화된 주파수 옵셋(q) 및 상기 단말 정보(i)를 검출한다.
- [0123] 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 단말간 통신 또는 차량 통신에서처럼 반송파 주파수 옵셋의 발생 범위가 넓게 나타나는 경우, PSSS와 같은 동기 신호를 이용하여 넓은 범위의 반송파 주파수 옵셋을 효과적으로 추정하는 방법과 동기 신호에 포함된 송신 단말 정보를 획득하는 방법을 제공할 수 있다는 장점이 있다.
- [0124] 또한, 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 선행되는 주파수 옵셋 추정에서 발생하는 추정 오차에 강인하고 반복 전송되는 PSSS 신호 특성을 잘 활용할 수 있는 주파수 옵셋 추정 범위 확장 방법과 단말 정보 획득 방법을 제공할 수 있다는 장점이 있다.
- [0125] 또한, 본 발명의 활용 분야는, LTE 기반 단말간 (D2D) 통신에서 단말 모델 설계 시 주파수 옵셋 추정과 단말 정보 획득하는 하드웨어 구현에 활용할 수 있다. 또한 LTE 표준을 기반으로 한 차량 통신 (V2X) 에 활용할 수 있다. 특히 잔류 오류에 강인한 메트릭은 두 번의 반복 구조를 적용하는 무선 LAN 모델에도 확장 적용할 수 있다.
- [0126] 또한, 본 발명의 기대 효과와 관련하여, 기존의 반송파 주파수 옵셋 추정 범위를 확장하는 데 있어, 잔류 오류 영향을 줄여 성능을 향상시키고 단말 정보 획득 성능을 향상시킬 수 있다. 이러한 성능 향상은 단말이 빠른 동기를 획득하게 하여 데이터 전송 지연을 늦춤으로써 5G 이동통신 시스템 및 V2V 통신 시스템에서의 초저지연 서비스를 가능하게 한다. 또한 동기 획득을 위한 단말의 신호 처리 시간 및 신호 재전송을 방지함으로써 단말 전력 소모를 줄일 수 있도록 한다.
- [0127] 또한, 본 발명의 기술의 사업화 전략과 관련하여, LTE Sidelink (D2D) 표준을 적용하는 재난통신망과 차량통신망에 적용될 모델 설계 핵심 기술에 대한 것으로, 관련 모델 설계 회사 및 표준화 회사에 기술을 이전할 수 있을 것으로 전망된다.
- [0128] 소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능뿐만 아니라 각각의 구성 요소들은 별도의 소프트웨어 모듈로도 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 작동을 수행할 수 있다. 적절한 프로그램 언어로 쓰여진 소프트웨어 어플리케이션으로 소프트웨어 코드가 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되고, 모뎀(controller) 또는 프로세서(processor)에 의해 실행될 수 있다.

부호의 설명

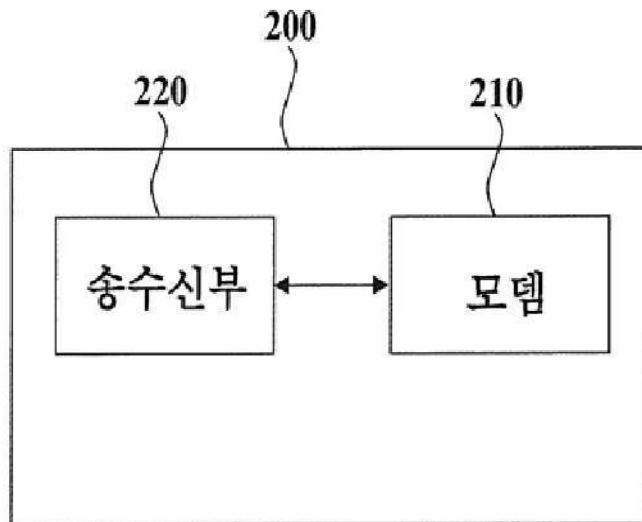
- [0129] 200: 수신 단말 210: 모뎀
220: 송수신부

도면

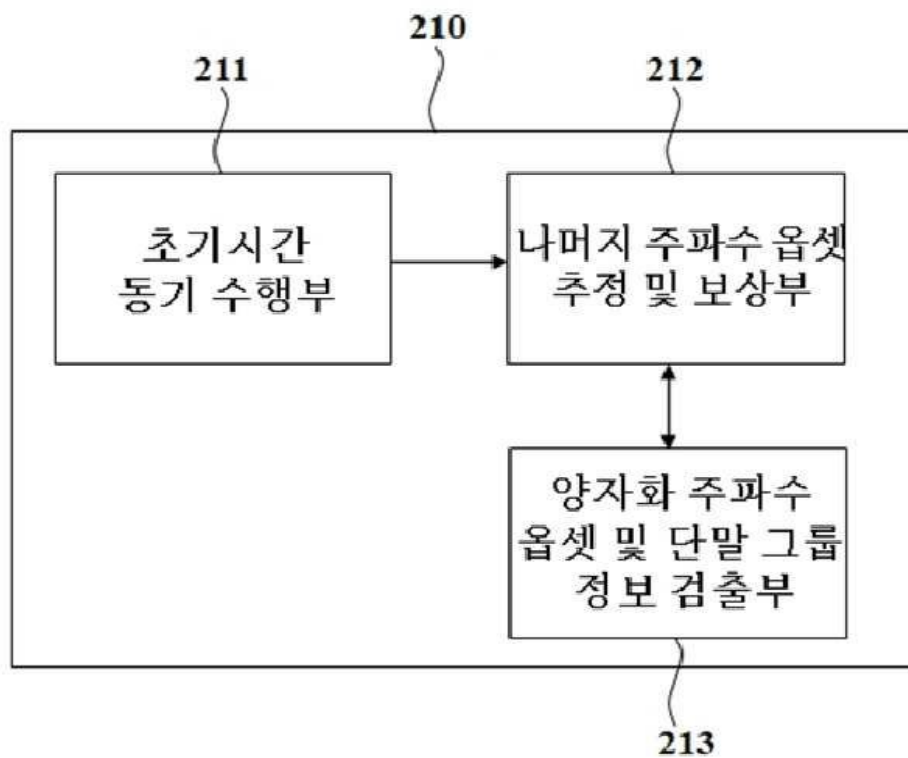
도면1



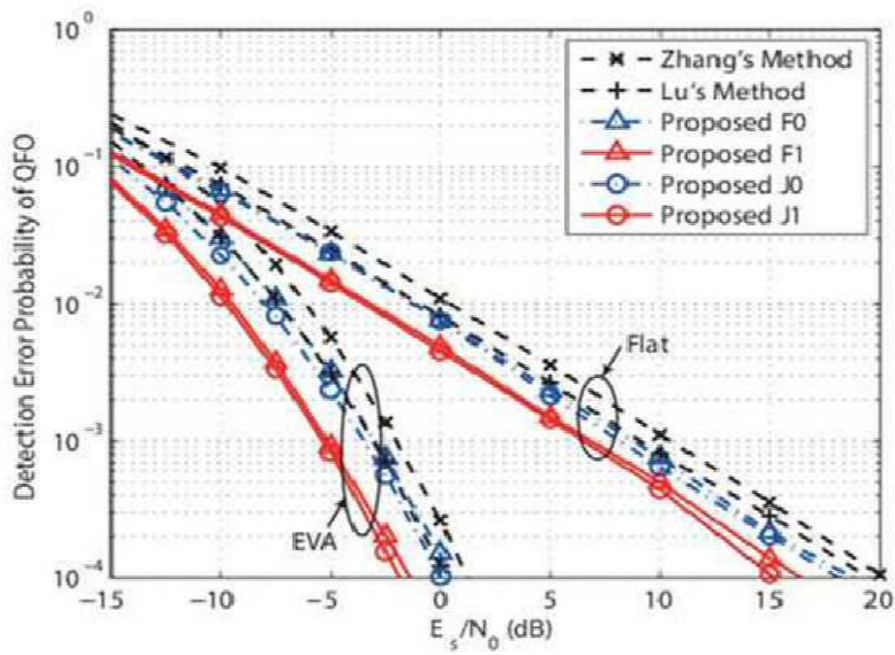
도면2



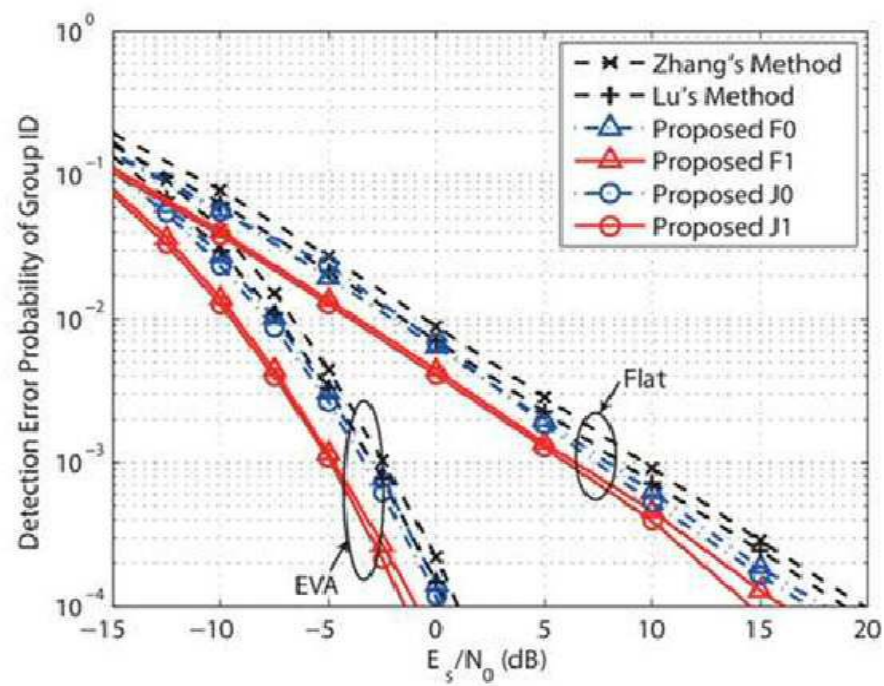
도면3



도면4



도면5



도면6

