



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0030754
(43) 공개일자 2024년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04J 11/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2657 (2013.01)
H04J 11/0073 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0110181
(22) 출원일자 2022년08월31일
심사청구일자 2022년08월31일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320-303(서현동, 한양아파트)
유영환
서울특별시 강남구 선릉로72길 26-16, 401호
(74) 대리인
이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 4 항

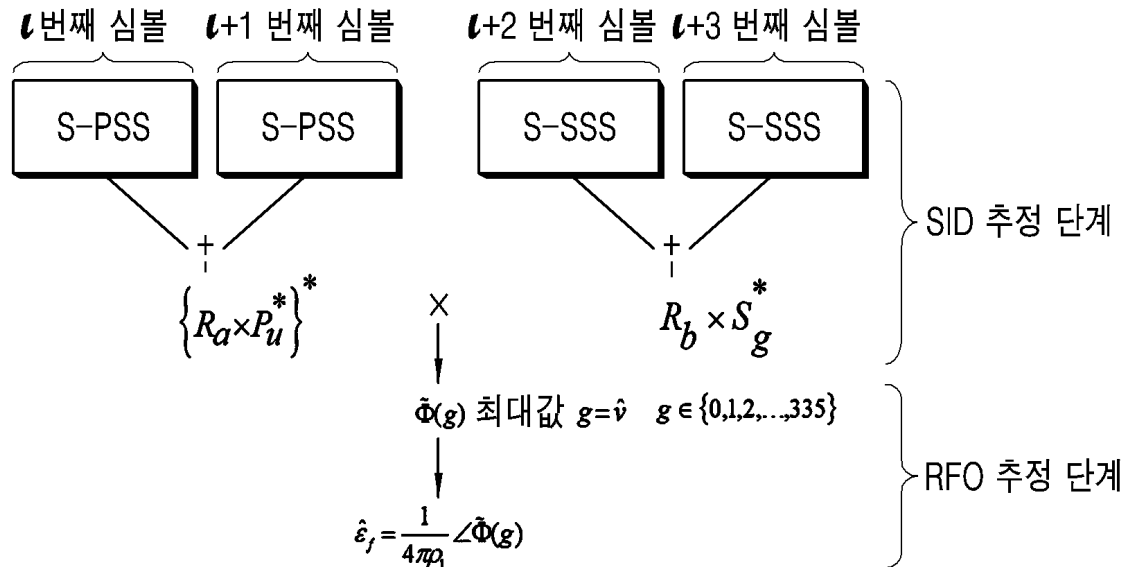
(54) 발명의 명칭 User equipment에서 RFO 추정 및 동기화 신호 검출 방법

(57) 요약

본 발명은 5G NR-V2X 시스템에서 S-PSS 신호와 S-SSS 신호를 이용하여 SID정보를 알아내고 RFO 값을 그 후에 추정하여 얻을 수 있는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세 하계는 group-wise 상관 함수를 적용한 S-PSS 와 S-SSS 수신 심볼을 이용한다. 이 구한 값을 바탕으로 목적함수를 정하고, SID의 후보군들의 상관함수를 구하여 가장 큰 것을 SID값으로 정할 수 있다. 그리고 그 다음 단계로 RFO를 추정하여 보상한다.

본 발명으로 2차원으로 구해야 하는 것을 1차원을 두 번 거치는 효과를 통해 복잡도를 줄일 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04J 11/0076 (2013.01)

H04L 27/265 (2023.05)

H04W 4/40 (2020.05)

(72) 발명자

백정인

서울특별시 강남구 봉은사로11길 26, 201호

오지혜

서울특별시 광진구 광나루로 382, 아스하임4차
1308호

유승근

강원도 원주시 봉화서부로 11, 104-1803

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345347042
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기 여 율	33.4/100
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711159975
과제번호	2018-0-01423-005
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	33.3/100
과제수행기관명	세종대학교산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711152737
과제번호	2017-0-00217-006
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발(R&D, 정보화)
연구과제명	투명도와 레이어 가변형 실감 사이니지 기술 연구
기 여 율	33.3/100
과제수행기관명	서울과학기술대학교산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

S-PSS와 S-SSS를 이용하여 SID를 구하고 RFO를 추정하는 방법에 있어서,

수신된 SSB신호의 두 S-PSS 심볼의 값을 더하는 단계;

알고 있는 S-PSS의 켤레 복소수를 곱하는 단계;

상기 켤레 복소수를 곱한 값을 켤레 복소수로 만드는 단계;

두 S-SSS 심볼의 값을 더하는 단계와 예상되는 S-SSS의 켤레 복소수를 곱하고, 이 두 신호를 곱하여 (수식 1)과 같은 목적 함수를 만드는 단계;

를 포함하여 구성되는 S-PSS와 S-SSS를 이용한 SID 및 RFO 추정 방법.

(수식 1)

$$\begin{aligned}\Phi(g) &= \sum_{k \in \mathcal{S}} \left\{ \sum_{a=l}^{l+1} \tilde{R}_a(k + \epsilon_i) \right\}^* \sum_{b=l+2}^{l+3} R_b(k + \epsilon_i) S_g^*(k) \\ &= \sum_{k \in \mathcal{S}} \sum_{a=l}^{l+1} \sum_{b=l+2}^{l+3} \tilde{R}_a^*(k + \epsilon_i) \tilde{R}_b(k + \epsilon_i)\end{aligned}$$

$$(\epsilon_f: \text{RFO } \tilde{I}_{a,b}(k): \text{ICI } \tilde{Z}_{a,b}(k): \text{AWGN}).$$

청구항 2

제1항에 있어서,

수식 2를 바탕으로 SID와 RFO를 추정하는 것을 특징으로 하는 S-PSS와 S-SSS를 이용한 SID 및 RFO 추정 방법.

(수식 2)

$$(\hat{v}, \hat{\epsilon}_f) = \arg \max_{(g, \epsilon_f)} \Re \left\{ \tilde{\Phi}(g) e^{-j4\pi \epsilon_f \rho_1} \right\}$$

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수식 2를 간소화하여 아래 수식 3으로부터 SID를 먼저 추정하는 단계;

를 포함하는 S-PSS와 S-SSS를 이용한 SID 및 RFO 추정 방법.

(수식 3)

$$\hat{v} = \arg \max_g |\tilde{\Phi}(g)|$$

청구항 4

제3항에 있어서,

아래 수식 4로부터 RFO를 구하는 단계;를 포함하는 S-PSS와 S-SSS를 이용한 SID 및 RFO 추정 방법.

(수식 4)

$$\hat{\epsilon}_f = \frac{1}{4\pi\rho_1} \angle \tilde{\Phi}(g)$$

($\angle\{\}$: 각도 연산자)

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 5G NR-V2X(New radio- Vehicle to everything)의 시스템에서 S-PSS(Sidelink primary synchronization signal)와 S-SSS(Sidelink secondary synchronization signal) 심볼들을 이용하여 RFO(Residual frequency offset)와, SID(Sidelink identity)값을 추정하는 방법으로써, 보다 상세하게는 group-wise correlation을 통하여 이 두 값을 추정하기 위한 방법이다.

배경 기술

[0002] 5G V2X 시스템에는 partial-coverage 와 out-of-coverage 시나리오에 동기화를 맞추는 것은 특히 중요하다. 따라서 V2X를 사용하는 기기들은 통신 연결을 유지시켜 주는 정보가 필요하다. 이를 위해서 사용자들의 기기는 주기적으로 S-PSS와 S-SSS(Sidelink secondary synchronization signal)을 전송한다. 그리고 이 두 신호를 바탕으로 symbol timing offset(STO), carrier frequency offset(CFO)를 추정한다. 시간 영역에서 STO와 어느 정도 CFO의 추정을 마치고 동기화 된 신호는 fast Fourier transform(FFT)과정을 거친다. 그리고 S-SSS를 이용하여 SID가 무엇인지 알아내고, 주변 기기에 대한 정보를 얻을 수 있다. 또한 S-SSS를 이용하여 주파수 오프셋을 추정한다. 여기서 주파수 오프셋 추정 방식은 크게 coherent 방식과 noncoherent 방식으로 나눌 수 있으며, 이는 channel state information(CSI)정보의 사용 유무에 따라서 나뉜다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은, 5G NR-V2X D2D(Device-to-device)시스템에서 S-PSS 신호와 S-SSS 신호를 이용하여, SID값을 구하는 방법을 제공한다, 그리고 이 추정된 SID 값을 바탕으로 RFO를 추정하는 방법을 제공하여 기기들 간에 동기화를 맞출 수 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 5G NR-V2X 시스템 중 특히 D2D 통신에서 S-PSS와 S-SSS신호를 이용하여 SID 값을 추정하고, RFO를 추정한다. 이를 위하여 수신된 S-PSS 두 심볼을 더하고 이미 추정된 S-PSS와의 상관 함수를 적용하고, 컬레 복소수를 구하는 단계; S-SSS 신호의 두 심볼을 더하는 단계; 그리고 이 두개의 더해진 항을 곱하고, S-SSS의 후보군 신호의 상관관계를 구하여 제일 큰 값을 SID로 구하는 단계로 볼 수 있다.

[0005] 이 단계가 마무리되었다면, 추정된 값을 이용하여 남은 잔여 주파수 오프셋을 구할 수 있다.

발명의 효과

[0006] 본 발명에 따르면, RFO와 S-SSS의 SID정보를 구할 수 있다. 그룹별로 더하여 상관관계를 구하므로 별도의 채널 정보 없이 두개의 값을 유추해 낼 수 있다. 뿐만 아니라 RFO 값과 S-SSS값을 동시에 구하게 되면 그만큼 복잡도가 심하지만, 본 발명은 한 개씩 구하여 한 번에 구하는 방식보다 실제 시스템에 구현하기에 더 적합하다.

도면의 간단한 설명

[0007] [도 1] 은 전체적인 추정 방법을 이해하기 쉽게 하기 위한 도면이다.

[도 2]는 SSB(Synchronization signal block)의 구조를 보여주는 도면이다.

[도 3]은 AWGN 또는 플랫 채널에서 기존에 있던 방식과 본 발명의 추정 성능을 보여주는 도면이다. (a) $\epsilon_f = 0$

(b) $\varepsilon_f = 0.1$

[도 4]는 SNR에 따라 (1Indoor Hotspot(InH)- short delay spread(Sds), Urban Macro(UMa)-Sds 채널에서 기존의 방식과 본 발명의 추정 성능을 보여주는 도면이다. . (a) $\varepsilon_f = 0$ (b) $\varepsilon_f = 0.1$

[도 5]는 SNR에 따라 InH-long delay spread(Lds)와 UMa-Lds 채널에서 기존의 방식과 본 발명의 추정 성능을 보여주는 도면이다. . (a) $\varepsilon_f = 0$ (b) $\varepsilon_f = 0.1$

[도 6]은 SNR에 따라 Uma 채널이고 $\varepsilon_f = 0.1$ 일 때, 기존 방식들과 본 발명의 추정 성능을 보여주는 도면이다. (a)Sds (b)Lds

[도 7]은 SNR이 2이고, $\varepsilon_f = 0.1$ 일 때, UE의 속도에 따라 추정 성능을 보여주는 도면이다. (a)Sds (b)Lds

[도 8]은 AWGN과 Uma-Sds채널에서 RFO의 Mean square error(MSE)를 나타내는 도면이다. (a) $\varepsilon_f = 0.01$ (b) $\varepsilon_f = 0.1$

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0009] 본 발명은 5G NR-V2X시스템을 기반으로 하며 특히 D2D 통신시스템을 기반으로 한다. [도 1]은 각 단계 및 방법을 전체적으로 설명하는 도면으로 상세한 설명은 아래와 같다.

[0010] [도 2]는 sidelink에서의 SSB (Synchronization Signal Block)의 구조를 보여 준다. 다음과 같이 S-PSS와 S-SSS는 두 심볼씩 반복되어 구성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이 두가지의 심볼을 이용하여 주로 주파수 오프셋을 추정할 수 있다. 그리고 좀더 자세하게 S-PSS의 신호의 구조를 보면 다음과 같다.

수학식 1

$$p_u(k') = 1 - 2c([k' + 22 + 43u] \bmod M), 0 \leq k' < M$$

[0012] 여기서 M 은 127로 전체 S-PSS의 길이이고, $u \in \{0,1\}$ 이다. u 는 SI 값으로 네트워크가 어떠한 동기화 모드인가에 따라서 값이 다르다. 여기서 $c(i)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$c(i+7) = (c(i+4) + c(i)) \bmod 2$$

[0014] 여기서 i 가 0부터 6까지는 $[c(6), c(5), c(4), c(3), c(2), c(1), c(0)] = [1110110]$ 으로 정한다.

[0015] S-SSS 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$s_v(k') = [1 - 2c_0([k' + m_0] \bmod M)] \times [1 - 2c_1([k' + m_1] \bmod M)], 0 \leq k' < M$$

[0017] 여기서 $m_0 = 15 \lfloor v/112 \rfloor + 5u$ 이고, $m_1 = (v \bmod 112)$ 이다. 여기서, $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 버림을 나타낸다. 여기서 v 는 $v \in \{0, 1, 2, \dots, 335\}$ 인 값을 갖는다. S-SSS도 S-PSSS와 같이 총 127개의 부반송파를 갖는다.

수학식 4

$$c_0(i+7) = (c_0(i+4) + c_0(i)) \bmod 2$$

$$[0018] \quad c_1(i+7) = (c_1(i+1) + c_1(i)) \bmod 2$$

[0019] 로 나타내어 지며, 또한 $[c_0(6), c_0(5), c_0(4), c_0(3), c_0(2), c_0(1), c_0(0)] = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$, $[c_1(6), c_1(5), c_1(4), c_1(3), c_1(2), c_1(1), c_1(0)] = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$ 이다.

[0020] 이하, 도 1을 들어 본 발명에 따른 SID, RFO 추정 절차를 설명한다.

[0021] 먼저, 수신된 SSB신호의 두 S-PSS 심볼의 값을 더하는 단계를 수행하고, 다음으로 알고 있는 S-PSS 심볼들의 컬레 복소수를 곱하는 단계;를 수행한다. 다음으로, 상기 컬레 복소수를 곱한 값을 컬레 복소수로 만드는 단계; 및 두 S-SSS 심볼의 값을 더하는 단계와 예상되는 S-SSS의 컬레 복소수를 곱하고, 이 두 신호를 곱하여 아래 수학식 5와 같은 목적 함수를 만든다.

[0022] 여기서, 총 4심볼동안 채널상태가 바뀌지 않는다고 가정하고, S-PSS의 값을 추정하여 알고 있다면, 목적함수를 수학식 5와 같이 정의하고 이 수식을 바탕으로 SID값과 잔여 주파수 오프셋을 구하여 RFO를 추정한다.

수학식 5

$$\begin{aligned} \Phi(g) &= \sum_{k \in \mathcal{S}} \left\{ \sum_{a=l}^{l+1} \tilde{R}_a(k + \epsilon_i) \right\}^* \sum_{b=l+2}^{l+3} R_b(k + \epsilon_i) S_g^*(k) \\ &= \sum_{k \in \mathcal{S}} \sum_{a=l}^{l+1} \sum_{b=l+2}^{l+3} \tilde{R}_a^*(k + \epsilon_i) \tilde{R}_b(k + \epsilon_i) \end{aligned}$$

[0023]

[0024] $\tilde{R}_a(k) = R_a(k) P_a^*(k)$ 인데 $P_a(k)$ 는 이미 추정되어 알고 있는 S-PSS 신호이며, $\tilde{R}_b(k) = R_b(k) S_g^*(k)$ 를 나타낸다. ϵ_i 는 integer carrier frequency offset(IFO)를 나타낸다. 또한 여기서 g 는 수학식 3에서의 v 의 후보군이다. 위의 수식을 근사한 값을 함수로 표현하면 다음과 같다.

수학식 6

$$\begin{aligned} \tilde{\Phi}(g) &\approx 4E_X \sum_{k \in \mathcal{S}} |H_l(k)|^2 S_v(k) S_g^*(k) e^{j4\pi \epsilon_f \rho_1} \\ &+ \sum_{k \in \mathcal{S}} \sum_{a=l}^{l+1} \sum_{b=l+2}^{l+3} \tilde{I}_{a,b}(k) S_g^*(k) e^{-j2\pi \epsilon_i(b-a)\rho_1} \\ &+ \sum_{k \in \mathcal{S}} \sum_{a=l}^{l+1} \sum_{b=l+2}^{l+3} \tilde{Z}_{a,b}(k) S_g^*(k) e^{-j2\pi \epsilon_i(b-a)\rho_1} \end{aligned}$$

[0025]

[0026] ϵ_f 는 RFO를 나타낸다. 또한 $\tilde{I}_{a,b}(k)$ 는 Inter-carrier Interference(ICI)를 $\tilde{Z}_{a,b}(k)$ 는 AWGN(Additive white

gaussian noise)을 나타낸다. $\tilde{\Phi}(g) = \Phi(g)e^{-j4\pi g \rho_1}$ 관계를 갖는다. S-SSS는 -1과 1로 이루어져 있기 때문에 g 와 v 가 같다면 이렇게 $|S_v(k)|^2 = E_x$ 심볼 에너지로 표현이 가능하다.

[0027] 아래의 수식을 만족하면 SID와 RFO를 구할 수 있다.

수학식 7

$$(\hat{v}, \hat{\epsilon}_f) = \arg \max_{(g, \epsilon_f)} \Re \left\{ \tilde{\Phi}(g) e^{-j4\pi \epsilon_f \rho_1} \right\}$$

[0028]

[0029] 그런데, 수학식 7은 2차원으로 복잡도가 높다. 따라서 v 와 ϵ_f (주파수 오프셋)를 따로 구하기 위하여 다음과 같이할 수 있다.

[0030] 첫번째로 v 값을 아래 수학식 8로부터 구한다. v 값이 최대일 때의 값이 SID 값에 해당한다.

수학식 8

$$\hat{v} = \arg \max_g |\tilde{\Phi}(g)|$$

[0031]

[0032] 수학식 8로부터 최대값을 구하여 SID의 추정 값을 구하고, 다음으로, RFO의 값은 아래 수학식 9로부터 추정할 수 있다.

수학식 9

$$\hat{\epsilon}_f = \frac{1}{4\pi \rho_1} \angle \tilde{\Phi}(g)$$

[0033]

[0034] 여기서 $\angle\{\}$ 는 각도 연산자이고, 추정 가능한 범위는 $|\epsilon_f| \leq 1/(4\rho_1)$ 이다.

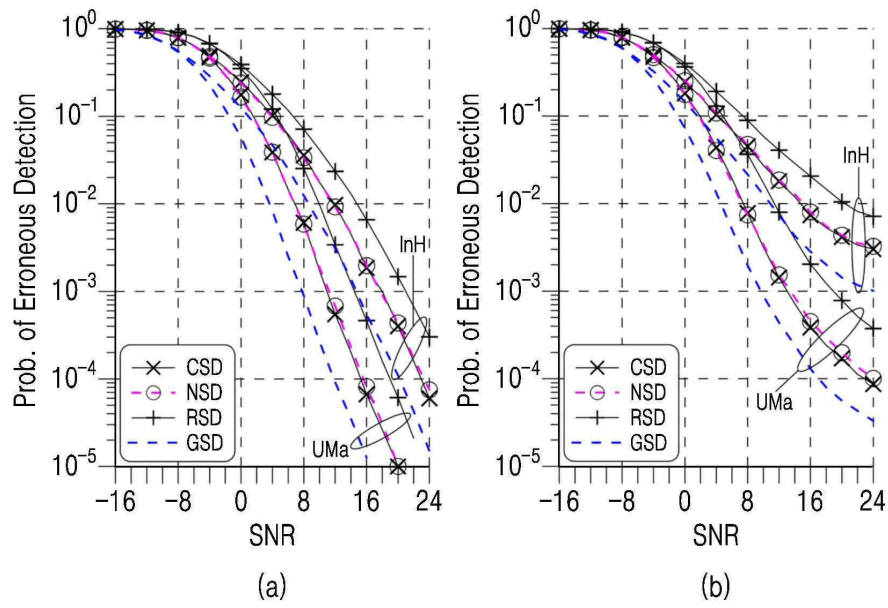
[0035] <실시 예>

[0036] 도 3, 도 4, 도 5, 도 6, 도 7, 도 8은 본 발명을 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다. 여기서 coherent SSS detection (CSD), noncoherent SSS detection (NSD), reduced S-SSS detection (RSD), group-wise S-SSS detection (GSD)를 의미하며 GSD가 본 발명의 이름이다. 도 3은 ML과 CSD와 비교로 AWGN이나 flat fading에서 모두 ML을 이용한 방식이 제일 성능이 뛰어나나 GSD방법이 ML기법과 상당히 성능이 유사하다는 것을 알 수 있다. 도 4는 $\text{Prob}\{\hat{v} \neq v\}$ 인 경우에 Lds에 특정 지어지는 InH와 UMa 채널에서의 성능을 보여주는 도면이다. 여기서 보면 RSD가 성능이 떨어지는 것을 알 수 있고, $\epsilon_f = 0$ 일 때, 90%의 검출확률을 위해서는 RSD, CSD, GSD가 각각 6.3, 4, 1dB의 SNR이 필요하다는 것을 알 수 있다. $\epsilon_f = 0.1$ 일 때는 각각 7, 4.3, 1.3dB가 필요하다.

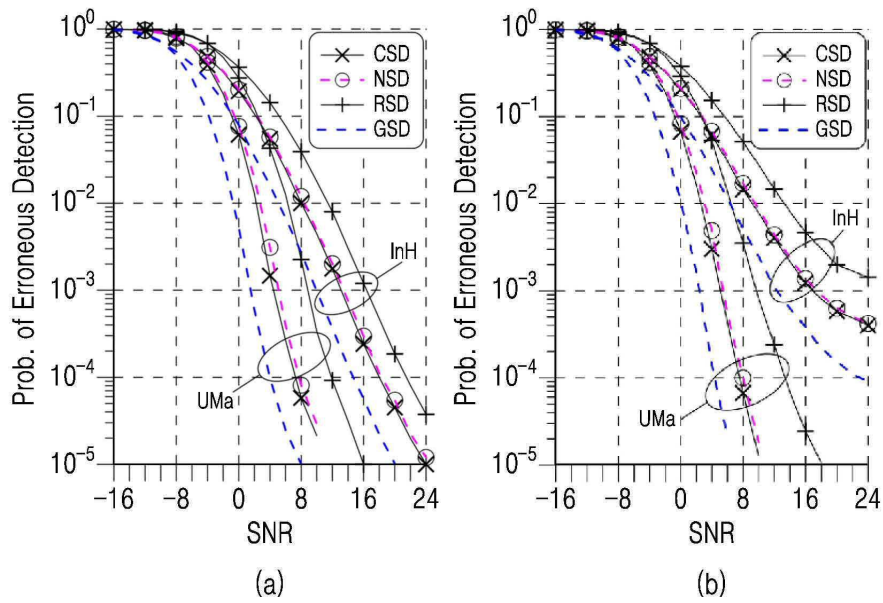
[0037] 도 5는 $\text{Prob}\{\hat{v} \neq v\}$ 경우에 Sds에 특정 지어지는 InH와 UMa 채널에서의 성능을 보여주는 도면이다. 채널의 차이는 있지만 결과적으로 도 4와 비슷한 성향을 띄는 것을 알 수 있다.

[0038] 도 6은 제대로 검출했을 때의 확률을 보여주는 그래프로 $\text{Prob}\{\hat{v} \neq v\}$ 이며 $\epsilon_f = 0.1$ 이다. GSD가 제일 성능이 좋은 것을 알 수 있다. 도 7은 SNR이 2dB이고 $\epsilon_f = 0.1$ 일 때, UE의 속도에 따른 제대로 검출할 확률을 도면이다. 이 도면에서 코히어런트 방식은 속도에 민감한 것을 알 수 있고, Lds모델인 경우, 속도가 300km/h라 할지라도 90%

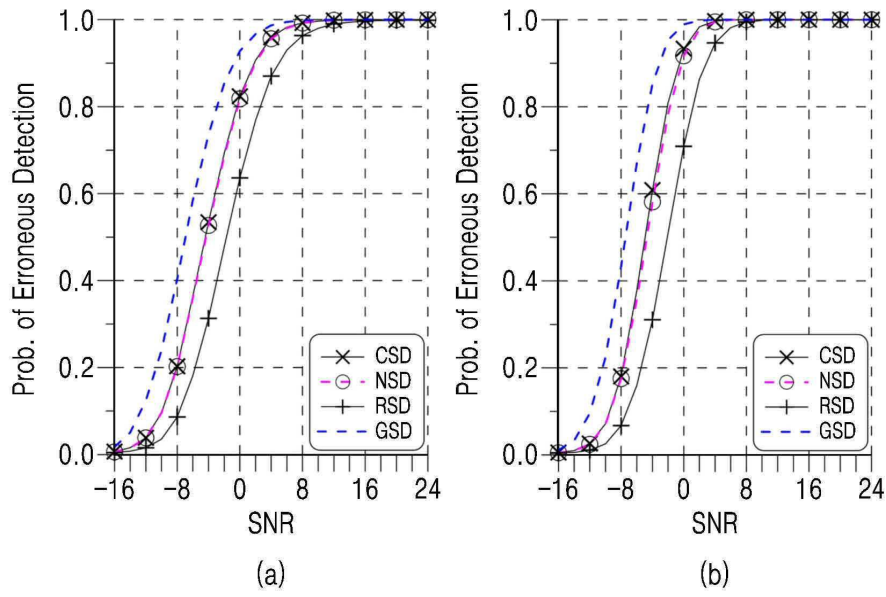
도면4



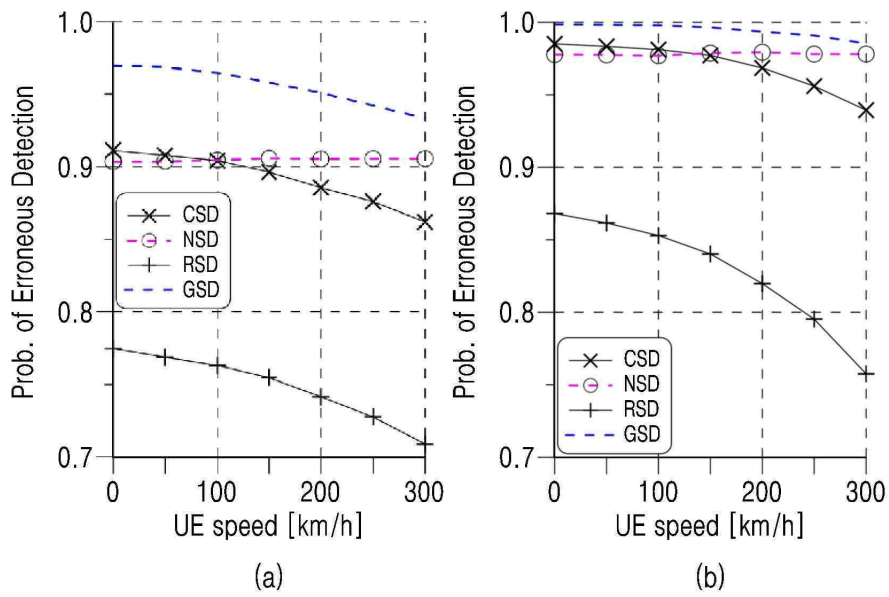
도면5



도면6



도면7



도면8

