



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년03월14일
(11) 등록번호 10-2509459
(24) 등록일자 2023년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04J 11/00 (2006.01) H04J 13/00 (2011.01)
H04L 27/26 (2006.01) H04W 56/00 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04J 11/0076 (2013.01)
H04J 13/0048 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0110180
(22) 출원일자 2022년08월31일
심사청구일자 2022년08월31일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140082603 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
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
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 5 항

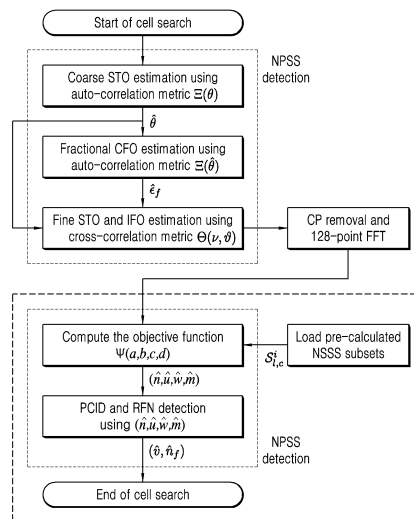
심사관 : 이미현

(54) 발명의 명칭 OFDM 시스템에서 ZC와 Hadamard-Walsh 시퀀스를 이용한 동기 신호의 정보 습득 방법

(57) 요약

본 발명은 NB-IoT 시스템에서 NSSS 신호의 subcarrier를 미리 몇개의 그룹별로 묶고, 이 신호를 저장한다. 그 후에 받은 수신된 NSSS신호의 위상 전환을 시킨 신호와 교차 상관을 구하여 PCID 와 RFN 정보를 검출하는 방법이다. 이 방법을 사용하면 일반 적인 NSSS신호를 그냥 사용하여 검출하는 방식보다 성능이 약간은 떨어지지만, 허수의 곱셈을 획기적으로 줄일 수 있어서 복잡도가 낮아져 사용자들에게 유리하다. 또한 NSSS의 subcarrier를 어떻게 묶을지 선택할 수 있고, 이는 채널이 좀 더 좋은 환경에서는 복잡도를 더 낮추거나 나쁜 환경에서는 올릴 수 있어 상황에 따라 유연하게 대처가 가능하다.

대표도 - 도3



- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| (52) CPC특허분류
<i>H04J 13/0062</i> (2013.01)
<i>H04L 27/2657</i> (2013.01)
<i>H04L 27/2675</i> (2021.01)
<i>H04L 27/2684</i> (2013.01)
<i>H04W 56/00</i> (2013.01) | (56) 선행기술조사문헌
KR1020100054987 A
KR1020060066255 A
3GPP R1-161896
3GPP R1-161898 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|

(72) 발명자
백정인
 서울특별시 강남구 봉은사로11길 26, 201호
신범식
 서울특별시 도봉구 도봉로169가길 30, B-401(도봉동, 도봉하이츠)
유승근
 강원도 원주시 봉화서부로 11, 104-1803

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1711152732
 과제번호 2021-0-01816-002
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 정보통신방송혁신인재양성(R&D)
 연구과제명 메타버스 자율트윈 핵심기술 연구
 기여율 33.4/100
 과제수행기관명 세종대학교산학협력단
 연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1345347042
 과제번호 2020R1A6A1A03038540
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 이공학학술연구기반구축
 연구과제명 자율지능무인비행체연구소
 기여율 33.3/100
 과제수행기관명 세종대학교
 연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1415181734
 과제번호 00154678
 부처명 산업통상자원부
 과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 시장선도를 위한 한국 주도형 K-Sensor 기술개발(R&D)
 연구과제명 네트워크 기반 센서를 위한 커넥티드 지능센서 플랫폼 기술 개발
 기여율 33.3/100
 과제수행기관명 세종대학교산학협력단
 연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

NB-IoT 시스템에서 동기화 신호인 NSSS를 이용하여, PCID 및 RFN 정보를 검출하는 방법으로서,
 수신신호로부터 협대역 2차 동기화 신호(NSSS)를 검출하는 동기화신호 검출단계;
 검출한 NSSS 신호들을 둘 이상의 그룹으로 그룹화하는 동기화신호 그룹화 단계;
 상기 그룹화한 각각의 동기화신호들을 위상전환하는 동기화신호 위상전환 단계;
 상기 위상전환된 동기화신호와 상기 그룹화된 동기화신호와의 교차 상관값을 산출하는 단계;
 상기 산출한 교차 상관값들중 가장 큰 값을 이용하여 PCID, RFN 정보를 검출하는 검출단계;
 를 포함하여 구성되는 NSSS를 이용한 PCID 및 RFN 정보 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 동기화신호 그룹화 단계는,
 검출한 NSSS 신호를 다수의 서브셋(subset)으로 그룹화하는 것;
 을 특징으로 하는 NSSS를 이용한 PCID 및 RFN 정보 검출 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 그룹화는,
 아래 수식 1을 만족하도록 ZC root index c 와 임계 값 T_h 에 따라 서브셋의 구성을 결정짓는 것;
 을 특징으로 하는 NSSS를 이용한 PCID 및 RFN 정보 검출 방법.

(수식 1)

$$S_{l,c}^i = \{k | |\angle E_l^c(k_c^i) - \angle \{W_l^c(k) E_l^c(k)\}| \leq T_h\}$$

(k_c^i 는 $S_{l,c}^i$ 그룹에서 NSSS의 subcarrier의 그룹리더를 의미, T_h 는 임계 값, $W_l^c(k)$ 는 $S_{l,c}^i$ 으로 ZC 시퀀스 값을 회전시킬 수 있는 값이다. $S_{l,c}^i$ 는 그룹화 지어진 NSSS신호를 말한다. l 과 k 는 각각 l 번째 심볼과 k 번째 subcarrier를 의미한다. $E_l^c(k)$ 는 ZC 시퀀스를 나타낸다. $E_l^c(k_c^i)$ 에서 l '는 그룹리더가 포함 되어있는 OFDM 심볼 인덱스, c 는 ZC의 root index 값을 의미한다. $E_l^c(k_c^i)$ 는 $S_{l,c}^i$ 에서 모든 가능한 $E_l^c(k)$ 의 대표 ZC 시퀀스를 나타낸다. T_h 는 임계 값으로 이 값에 따른 subset의 구성을 결정 지을 수 있다.)

청구항 4

제 3항에 있어서,

소정의 $W_l^c(k)$ 을 적용하여, (수식 2) 수신 신호에 소정의 $W_l^c(k)$ 를 적용하고 subset 신호 간에 교차 상관을 구하는 단계;

를 포함하는 NSSS를 이용한 PCID 및 RFN 정보 검출 방법.

(수식 2)

$$\Psi(a, b, c, d) = \sum_{i=1}^{N_c} E_p^*(k_c^i) \sum_{l=dN_r+3}^{dN_r+13} \sum_{k \in S_{l,c}^i} W_l^c(k) \times Y_l(k) \bar{C}_l^{a,b*}(k)$$

(l 과 k 는 각각 l 번째 심볼과 k 번째 subcarrier를 의미한다. $E_l^c(k)$ 는 ZC 시퀀스를 나타낸다. $E_{l'}^c(k_c^i)$,

에서 l' 는 그룹리더가 포함 되어있는 OFDM 심볼 인덱스, c 는 ZC의 root index값을 의미한다. 따라서

$E_{l'}^c(k_c^i)$ 는 $S_{l',c}^i$ 에서 모든 가능한 $E_l^c(k)$ 의 대표 ZC 시퀀스를 나타낸다. N_c 는 그룹들의 총

숫자를 의미한다. $Y_l(k)$ 는 수신된 신호를 나타낸다. $\bar{C}_l^{a,b}(k) = C_l^a(k) D_l^b(k)$ 이며,

$C_l^a(k)$ 는 Hardamard-Walsh sequense이고, $*$ 는 Conjugation 뜻한다.

$l = dN_r + 3, dN_r + 13$ 으로 몇번째 radio frame에 몇 번째 OFDM block및 몇 번째 심볼인지 알

수 있다($3 \leq l \leq 13, 0 \leq k < 12, d \in \{0,1\}$). (a, b, c, d)는 (n, u, w, m)의 후보군을

뜻한다. $W_l^c(k)$ 는 $W_l^c(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$ 으로 ZC 시퀀스 값을 회전시킬 수 있는 값이다)

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 교차 상관 값들에 대하여 (수식 3)과 같이 절대값을 취하고, 제일 큰 값을 구하는 단계;

를 포함하는 NSSS를 이용한 PCID 및 RFN 정보 검출 방법.

(수식 3)

$$(\hat{m}, \hat{n}, \hat{u}, \hat{w}) = \arg \max_{(a,b,c,d)} (|\Psi(a,b,c,d)|)$$

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 Narrowband Internet of Things(NB-IoT)시스템에서 narrowband secondary synchronization signal(NSSS)신호를 이용하여 physical cell ID(PCID)와 radio frame number(RFN)을 추정할 수 있는 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] User equipment(UE)는 enhanced base station(eNodeB)에서 받은 narrowband primary synchronization signal(NPSS)을 통하여 symbol timing offset(STO)와 carrier frequency offset(CFO)을 추정하고, Fourier transform(FFT)을 거친 후 여러 개의 NSSS 신호를 가지고, PCID값과 RFN 정보를 추정한다.
- [0003] NSSS신호는 Zadoff-Chu(ZC)와 Hadamard-Walsh 시퀀스로 구성되어 있으며, 채널 정보의 사용 유무에 따라 코히어런트 또는 논코히어런트 디텍션으로 나눌 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명은, NB-IoT 시스템에서 NSSS신호를 이용하여, PCID와 RFN을 추정하는 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0005] NSSS의 신호를 변형하여 전체적인 복잡도를 줄일 수 있다. NSSS신호중 적절한 값으로 위상전환 시키고 그 값이 임계 값보다 적으면 subcarrier 그룹으로 모아서, 나중에 이 신호로 PCID값과 RFN값을 추정한다.

발명의 효과

- [0006] 본 발명에 따르면, NB-IoT 시스템에서 UE가 NSSS신호를 이용하여 PCID값과 RFN 정보를 알 수 있다. 이는 NSSS의 각각의 subcarrier를 그룹 짓고, 이 값을 바탕으로 추정한다. 이렇게 그룹을 지으면 주변에 가까운 subcarrier는 한 번에 계산하여 곱의 횟수를 줄이고 이를 통하여 복잡도를 줄일 수 있다.
- [0007] 따라서 상대적으로 복잡도를 낮춤으로서 각 사용자들의 추정하기 위한 계산을 줄이고, 이는 배터리 사용량을 줄여 배터리 수명을 늘릴 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0008] [도 1]는 NB-IoT의 동기 신호에 관한 프레임 구조를 보여주는 도면이다.
- [도 2]는 subcarrier의 그룹을 보이는 예로 ZC의 root index 값은 23이고, $\tau_k = \frac{\pi}{8}$ 이다. a)는 원래의 NSSS값, (b)는 위상을 전환한 NSSS를 보여주는 도면이다.
- [도 3]은 전반적인 셀 검색 순서도로 빨간 박스 부분이 발명의 부분이다.
- [도 4]는 다른 방식과 발명한 방식의 N_v 에 따른 복잡도를 보여주는 도면이다.
- [도 5] 기존의 방식과 제안한 발명의 방식의 잘못 검출될 확률을 AWGN 채널과 flat-fading 채널에서 비교하는 도면으로 (a)는 on-shot estimation (b)는 average estimation에 관한 도면이다.
- [도 6] 기존의 방식과 발명한 방식이 SNR에 따른 검출 실패 확률로 (a)PedA (b) Vehicular A(VehA)에 관련된 도면이다.
- [도 7] SNR이 10dB일 때, 기존의 방식과 발명의 방식의 N_v 에 따른 검출 실패 확률로 (a)PedA (b)VehA에 관련된 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0010] 본 발명은 NB-IoT 시스템에서 NSSS 신호의 subcarrier를 미리 몇개의 그룹별로 묶고, 이 신호를 저장한다. 그 후에 받은 수신된 NSSS신호와 NSSS 신호를 위상 전환을 시킨 신호와의 교차 상관을 구하여 PCID 와 RFN 정보를 검출하는 방법이다. 이 방법을 사용하면 일반 적인 NSSS신호를 그냥 사용하여 검출하는 방식보다 성능이 약간은 떨어지지만, 허수의 곱셈을 획기적으로 줄일 수 있어서 복잡도가 낮아져 사용자들에게 유리하다. 또한 NSSS의

subcarrier를 어떻게 묶을지 선택할 수 있고, 이는 채널이 좀 더 좋은 환경에서는 복잡도를 더 낮추거나 나쁜 환경에서는 올릴 수 있어 상황에 따라 유연하게 대처가 가능하다.

[0011] 본 발명은 NB-IoT 시스템에서 동기화 신호인 NSSS를 이용하여, 통신에 필요한 PCID 값과 RFN값을 추정하는 방법에 관한 것이다. 이를 이해하기 위해서는 NSSS의 신호의 구성을 알아야 이해하기 좋다.

[0012] 따라서 [도 1]을 보면 전체적인 동기화 신호의 구성을 알 수 있다. 동기화 신호는 크게 짝수 radio frame과 홀수 radio frame으로 나뉘며, 그 안에서 9번째 서브프레임에 NSSS신호가 위치한다. 그리고 NSSS 신호의 수학적 표현은 다음 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

[0013]
$$s^{n,u,w}(g) = c_n(g')e^{-j2\pi ug}e^{-j\pi wg''(g''+1)/(M-1)}, 0 \leq g < M$$

[0014] M 은 NSSS의 전체 길이로 132이고, $n = \lfloor v/126 \rfloor$ 이며 $v \in \{0, 1, 2, \dots, 503\}$ 으로 PCID 값이다. $g' = \text{mod}(g, 128)$, $g'' = \text{mod}(g, 131)$, $w = \text{mod}(v, 126) + 3$ 이며 PCID를 결정할 수 있는 값이다. 또한 $u = \text{mod}(n_f/8, 4)$ 로 순환 쉬프트되며, RFN의 n_f 값을 정할 수 있다. $C_n(g')$ 는 128개의 Hadamard-Walsh 시퀀스를 나타내며, $s^{n,u,w}(g)$ 는 11개의 연속된 신호 블록을 나타낸다. 이를 OFDM 심볼로 표현하면 $S_l^{n,u,w}(k)$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 [도 1]과 같이 $3 \leq l \leq 13$ 이고 $0 \leq k < 12$ 이다. 위 식을 좀더 간편하게 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

[0015]
$$S_l^{a,b,c}(k) = \bar{C}_l^{a,b}(k)E_l^c(k), k \in S_l$$

[0016] $\bar{C}_l^{a,b}(k) = C_l^a(k)D_l^b(k)$ 이며, $E_l^c(k)$ 는 ZC 시퀀스를 나타낸다. 여기서 복잡도를 낮추기 위하여 수학적 식 3과 같이, NSSS 신호의 서브캐리어를 둘 이상의 서브셋의 그룹으로 그룹화 한다.

수학적 식 3

[0017]
$$S_{l,c}^i = \{k | |\angle E_l^c(k_c^i) - \angle \{W_l^c(k)E_l^c(k)\}| \leq T_h\}$$

[0018] 여기서 k_c^i 는 그룹 $S_{l,c}^i$ 에서 같은 i 그룹 인덱스를 갖는 NSSS의 그룹 리더 subcarrier이고, l 는 그룹리더가 포

함 되어있는 OFDM 심볼 인덱스이다. c 는 ZC의 root index값을 의미한다. $S_{l,c}^i$ 는 그룹화 지어진 NSSS신호를

말한다. l 과 k 는 각각 l 번째 심볼과 k 번째 subcarrier를 의미한다. $E_l^c(k)$ 는 ZC 시퀀스를 나타낸다.

$E_{l'}^c(k_c^i)$ 에서 l' 는 그룹리더가 포함 되어있는 OFDM 심볼 인덱스, c 는 ZC의 root index값을 의미한다. $E_l^c(k_c^i)$

는 $S_{l,c}^i$ 에서 모든 가능한 $E_l^c(k)$ 의 대표 ZC 시퀀스를 나타낸다. T_h 는 임계 값으로 이 값에 따른 subset의 구성을 결정 지을 수 있다. 그리고 $W_l^c(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$ 로 위상을 회전시킬 수 있다. 이렇게 서브셋을 한번 구하게 되면 적절한 $W_l^c(k)$ 을 적용하여, 다음과 같이 받은 신호와 subset 신호 간에 교차 상관을 구하면 다음과 같다.

수학식 4

$$\Psi(a, b, c, d) = \sum_{i=1}^{N_c} E_r^{c*}(k_c^i) \sum_{l=dN_r+3}^{dN_r+13} \sum_{k \in S_{l,c}^i} W_l^c(k) \times Y_l(k) \bar{C}_l^{a,b*}(k)$$

[0019]

수학식 3에서와 같이, l 과 k 는 각각 l 번째 심볼과 k 번째 subcarrier를 의미한다. $E_l^c(k)$ 는 ZC 시퀀스를 나타낸다.

$E_l^c(k_c^i)$ 에서 l^i 는 그룹리더가 포함 되어있는 OFDM 심볼 인덱스, c 는 ZC의 root index값을 의미한다. 따라서 $E_l^c(k_c^i)$ 는 $S_{l,c}^i$ 에서 모든 가능한 $E_l^c(k)$ 의 대표 ZC 시퀀스를 나타낸다.

N_c 는 그룹들의 총 숫자를 의미한다. $Y_l(k)$ 는 수신된 신호를 나타낸다.

$\bar{C}_l^{a,b}(k) = C_l^a(k) D_l^b(k)$, $C_l^a(k)$ 는 Hardamard-Walsh sequense이고, *는 Conjugation 뜻한다.

$l = dN_r + 3, dN_r + 13$ 으로 몇번째 radio frame에 몇 번째 OFDM block및 몇 번째 심볼 인지 알 수 있다($3 \leq l \leq 13, 0 \leq k < 12, d \in \{0,1\}$). (a, b, c, d) 는 (n, u, w, m) 의 후보군을 뜻한다. 여기서 $W_r^c(k) \in \{\pm 1, \pm j\}$ 는 실제로는 실수부나 허수부를 바꾸는 부분으로 실제로 구현할 경우에는 복잡도가 올라가지 않는다. 그리고 위 식을 좀더 자세하게 풀어서 쓰면 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 5

$$\Psi(a, b, c, d) = \sum_{i=1}^{N_c} E_r^{c*}(k_c^i) \sum_{l=dN_r+3}^{dN_r+13} \sum_{k \in S_{l,c}^i} W_l^c(k) H_l(k) X_l(k) \times \bar{C}_l^{a,b*}(k) e^{j2\pi \varepsilon (l\rho_1 + \rho_2)}$$

$$+ \sum_{i=1}^{N_c} E_r^{c*}(k_c^i) \bar{I}_i(k) + \sum_{i=1}^{N_c} E_r^{c*}(k_c^i) \bar{Z}_i(k)$$

[0021]

여기서 $\bar{I}_i(k)$ 는 Inter carrier interference(ICI) 항을 나타내고, $\bar{Z}_i(k)$ 는 Additive White Gaussian Noise (AWGN)의 항을 나타낸다. 이를 바탕으로 각각의 가능한 값을 교차 상관 값을 구하고 이를 다음과 같이 $|\Psi(a, b, c, d)|$ 를 구한다.

[0023]

그리고 마지막으로 수학식 6과 같이, 이 값을 비교하여 가장 큰 값을 구한다. 수신한 NSSS 신호와 미리 그룹지어둔 NSSS 신호들간의 교차 상관 값들 중, 가장 큰 교차 상관 값에 해당 하는 (a, b, c, d) 값을 수학식 1의 관계들을 이용하여 구하면, PCID 값과 RFN 값을 알아낼 수 있다.

수학식 6

$$(\hat{m}, \hat{n}, \hat{u}, \hat{w}) = \arg \max_{(a,b,c,d)} (|\Psi(a,b,c,d)|)$$

[0024]

[0025]

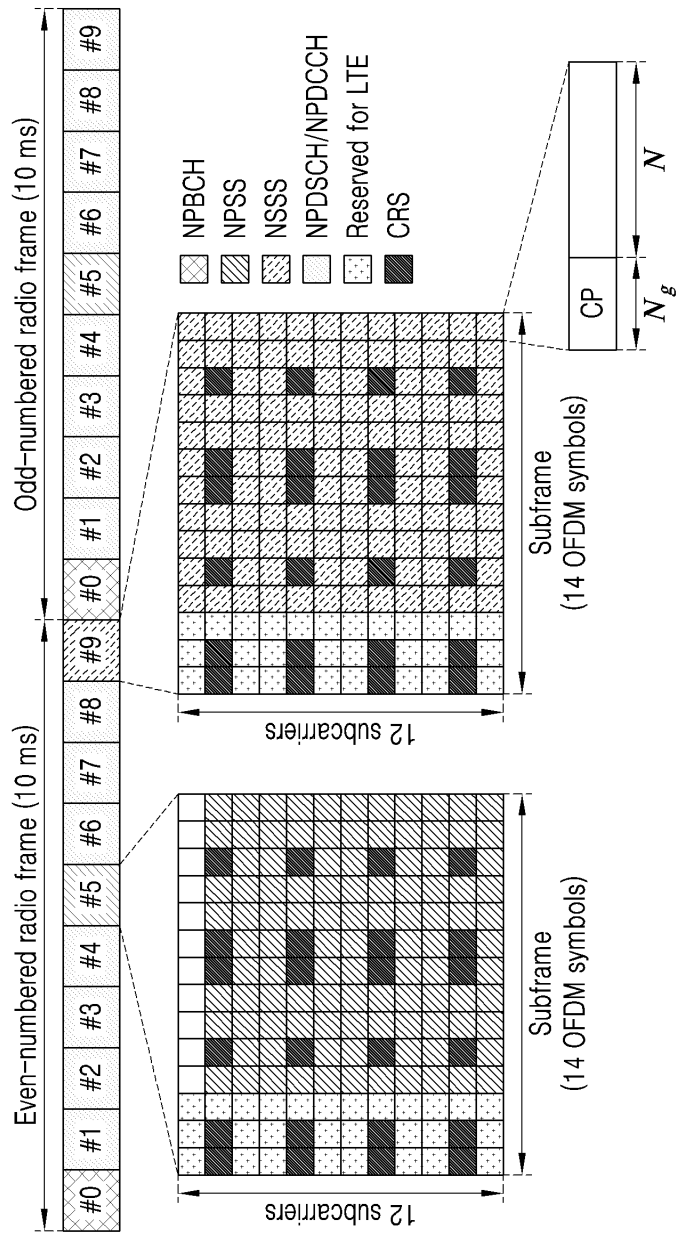
<실시 예>

[0026]

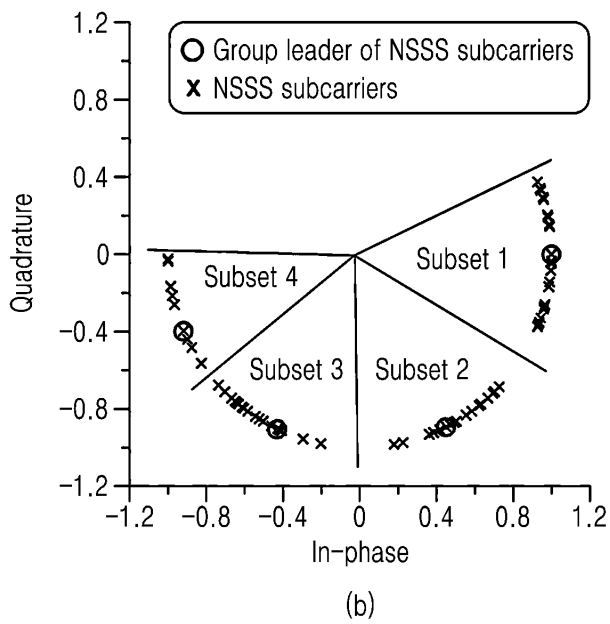
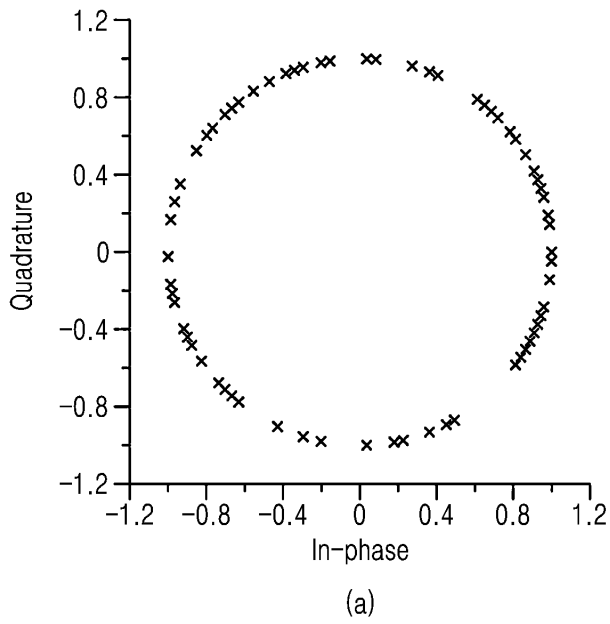
도 4, 도 5, 도 6, 도 7은 본 발명을 이용한 시뮬레이션 결과이다. 도4는 기존의 low-complexity PCID and RFN detector(LPRD) 기법과 sequential PCID and RFN detector(SPRD) 기법과의 비교이다. 그리고, 본 발명에서 (S1), (S2), (S3)는 각각 $T_h = \pi/8$, $T_h = \pi/16$, $T_h = \pi/32$ 를 의미한다. 그래프를 보면 평균 찾는 횟수와 곱하기의 수를 비교한 것인데, 발명의 경우가, 91.5%, 84.9%, 73.5% 경감한 것을 LPRD와 비교했을 때 알 수 있다. 도 5는 AWGN과 flat-fading 채널에서 검출 실패 확률을 보여주는 그래프로서, AWGN에서 각 방법들이 성능이 좋다는 것을 알 수 있다. 또한 발명 한 방식이 91.5%가 더 좋지만 단지 SNR 2dB차이로 성능이 비슷하다는 것을 LPRD 방식과 비교했을 때 알 수 있다. 그리고 도 6은 PedA와 VehA 채널에서 성능 비교로 PedA 채널에서 에러 비율이 10%가 되기 위하여 비교하면 다음과 같다. SPRD와, 발명한 방식 중 (S2) 값을 이용한 방식과, LPRD 방식이 각각 SNR이 0, -1.5, -2dB일 때이다. 도 7은 -10dB일 때, PedA, VehA 채널에서 N_v 에 따른 성능으로, 특히 (S2)일 경우 복잡도는 LPRD보다 줄었으나, LPRD와의 성능이 유사하다는 것을 볼 수 있다.

도면

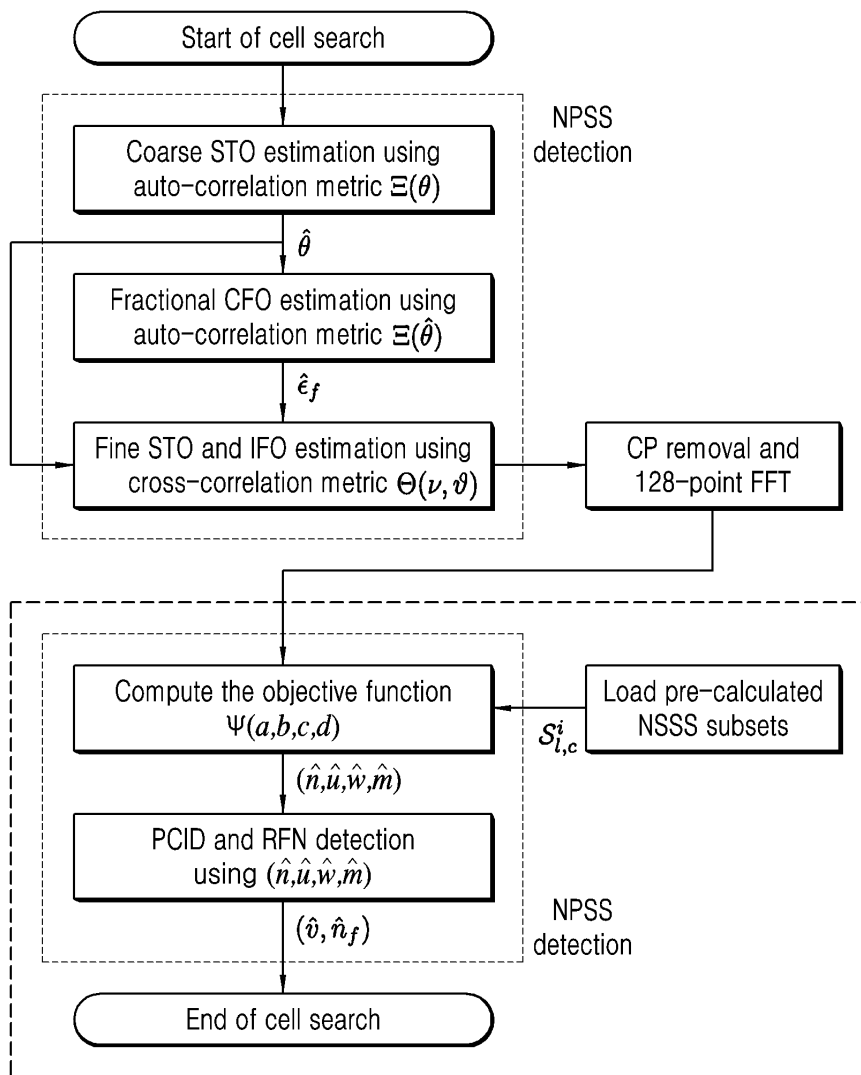
도면1



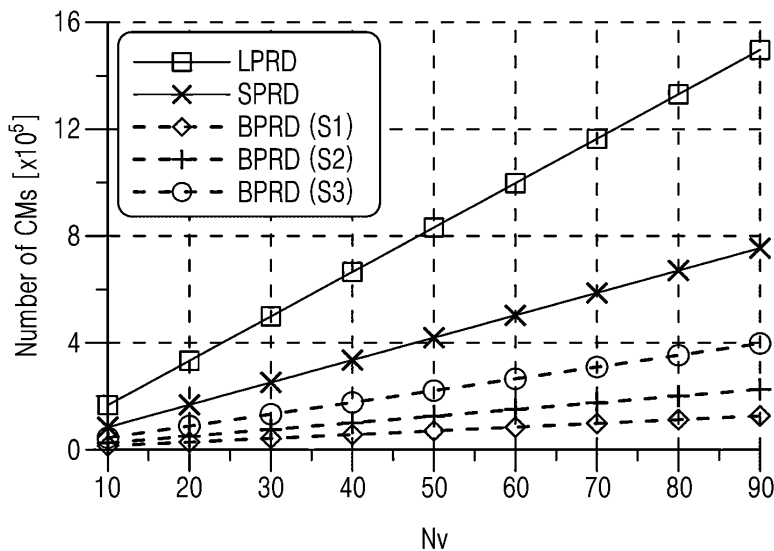
도면2



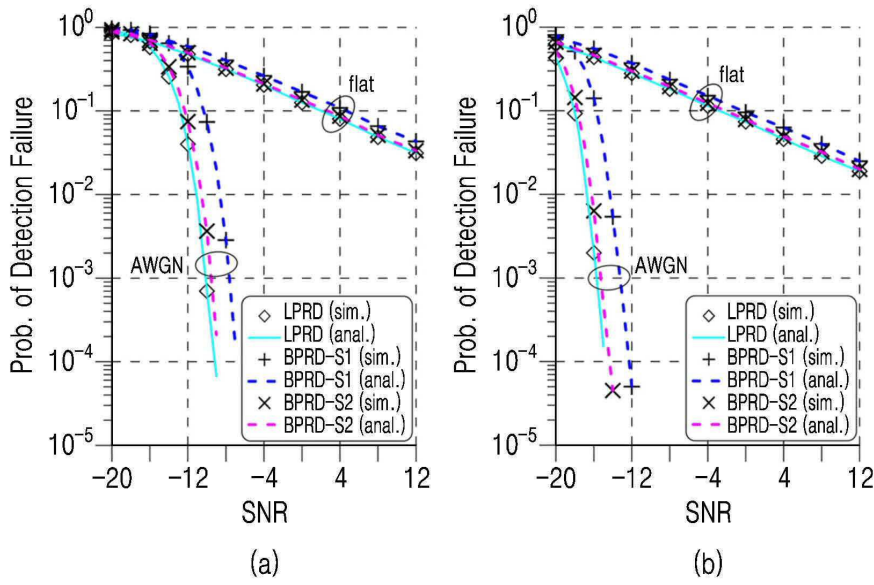
도면3



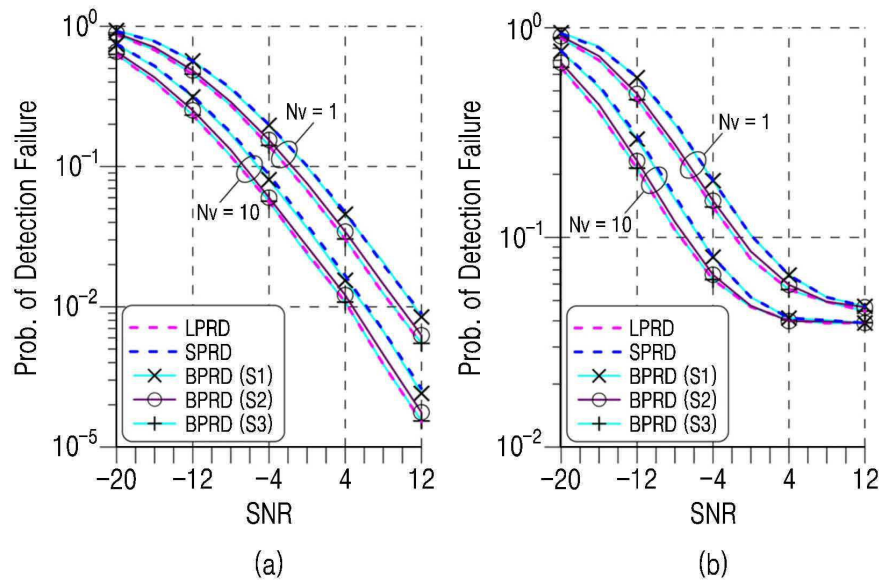
도면4



도면5



도면6



도면7

