

**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0000620

(43) 공개일자 2025년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04K 3/00 (2015.01) H04L 25/02 (2006.01)

H04L 27/20 (2006.01) H04L 27/38 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H04K 3/827 (2013.01)

H04K 3/228 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0082581

(22) 출원일자 2023년06월27일

심사청구일자 2023년06월27일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

정방철

대전광역시 서구 관저동로90번길 15, 103동 602호
(관저동, 관저리슈빌)

염정선

대전광역시 유성구 대학로137번길 52, 305호 (궁동)

(뒷면에 계속)

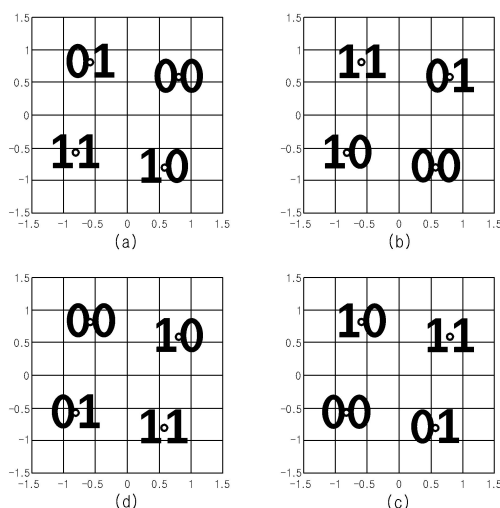
(74) 대리인

특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서의 항재밍 방법**(57) 요약**

본 발명은 무선 통신 시스템에서의 심볼 레벨 재밍 공격을 극복하기 위한 것으로, 항 재밍 통신 시스템은 송수신 단말들이 공유하는 N개 가용 부반송파(sub-carrier)에 대한 주파수 호핑 패턴에 따라 데이터를 전송할 부반송파를 결정하는 주파수 호핑 기법을 사용하여 데이터를 전송하는 송신 단말 및 각 부반송파에서 수신한 신호에서 유효 재밍 채널을 추정하고, 추정된 유효 재밍 채널에 기초하여 상기 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는 수신 단말을 포함할 수 있다.

대표도 - 도3

(52) CPC특허분류

H04L 25/0202 (2013.01)

H04L 27/2053 (2013.01)

H04L 27/38 (2013.01)

H04L 5/0012 (2013.01)

(72) 발명자

배유경

대전광역시 유성구 상대로 17, 310동 203호 (상대동, 도안신도시한라비발디 아파트)

김철영

대전광역시 유성구 계룡로 55, 102동 2104호 (봉명동, 유성자이)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345354342
과제번호	2022R1I1A3073740
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지역대학우수과학자지원사업
연구과제명	GAUSS 통합 무선 통신 네트워크 원천기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2022.06.01 ~ 2032.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711137685
과제번호	2021R1A4A1032580
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초연구실지원사업
연구과제명	협력 지능형 엣지를 위한 테라헤르츠 무선 시스템 연구실
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2021.06.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

항 재밍 통신 시스템에 있어서,

송수신 단말들이 공유하는 N개 가용 부반송파(sub-carrier)에 대한 주파수 호핑 패턴에 따라 데이터를 전송할 부반송파를 결정하는 주파수 호핑 기법을 사용하여 데이터를 전송하는 송신 단말; 및

각 부반송파에서 수신한 신호에서 유효 재밍 채널을 추정하고, 추정된 유효 재밍 채널에 기초하여 상기 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는 수신 단말을 포함하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 주파수 호핑 패턴에 기초하여 각 부반송파에서 재밍이 전송한 재밍 신호만 수신하는 시간 슬롯에서 복수의 재밍 신호들을 수집하고,

수집한 상기 복수의 재밍 신호들을 기초로 상기 유효 재밍 채널의 크기와 위상을 추정하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-PSK(phase shift keying) 방식으로 변조된 경우, 상기 복수의 재밍 신호의 절대값의 평균으로 상기 유효 재밍 채널의 크기를 결정하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하고,

상기 M개의 클러스터의 각 클러스터 별로 각 클러스터에 포함되어 있는 재밍 신호들의 중심점을 획득하고,

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 위상에서 M-PSK 변조 신호들의 변조에 의한 위상을 감산하여 각 클러스터가 경험한 채널의 위상을 획득하고,

각 클러스터에서 획득한 채널의 위상을 평균하여 상기 유효 재밍 채널의 위상을 획득하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우,

상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하고,

상기 M개의 클러스터의 각 클러스터 별로 각 클러스터에 포함되어 있는 재밍 신호들의 중심점을 획득하고,

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 크기를 평균하여 상기 유효 재밍 채널의 크기를 결정하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 위상을 계산하고,

계산된 상기 중심점의 위상들을 작을 것부터 정렬하고 순차적으로 변조 위상을 감산하고,

상기 변조 위상이 감산된 중심점들의 위상의 평균을 계산하고,

계산된 상기 위상의 평균에서 기준 변조 위상을 추가적으로 감산하여 상기 유효 재밍 채널의 위상을 획득하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우, M이 4보다 큰 경우에는 M개의 클러스터 대신 4개의 클러스터를 사용하여 상기 유효 재밍 채널의 크기와 위상을 획득하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 8

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점을 임의로 선택하고,

상기 복수의 재밍 신호들 각각을 상기 임의로 선택한 각 중심점과의 거리가 가장 가까운 클러스터로 분배하고,

상기 M개의 클러스터 각각에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정하고,

상기 M개의 클러스터 전부에 대해 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일한지 판단하고,

상기 판단 결과, 동일하지 아니한 경우에는 상기 복수의 재밍 신호들 각각을 상기 다시 결정한 중심점과의 거리가 가장 가까운 클러스터로 다시 분배하고, 상기 M개의 클러스터 각각에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정하고, 상기 M개의 클러스터 전부에 대해 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일한지 판단하고,

상기 판단 결과, 동일한 경우에는, 상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하는 것을 완료하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 수신 단말은,

최대 우도(joint maximum likelihood) 검파기를 사용하여 수신한 신호에서 추정된 상기 유효 재밍 채널을 경험한 재밍 신호를 감산하여 상기 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는, 항 재밍 통신 시스템.

청구항 10

송수신 단말들이 공유한 N개 가용 부반송파(sub-carrier)에 대한 주파수 호핑 패턴에 따라 데이터를 전송할 부반송파를 결정하는 주파수 호핑 기법을 사용하여 데이터가 전송되는 항 재밍 통신 시스템에서 단말이 송신 신호를 검파하는 방법에 있어서,

각 부반송파에서 수신한 신호에서 유효 재밍 채널을 추정하는 동작;

추정한 유효 재밍 채널에 기초하여 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 유효 재밍 채널을 추정하는 동작은,

상기 주파수 호핑 패턴에 기초하여 각 부반송파에서 재밍이 전송한 재밍 신호만 수신하는 시간 슬롯에서 복수의 재밍 신호들을 수집하는 동작;

수집한 상기 복수의 재밍 신호들을 기초로 상기 유효 재밍 채널의 크기와 위상을 추정하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-PSK(phase shift keying) 방식으로 변조된 경우, 상기 유효 재밍 채널의 크기를 추정하는 동작은,

상기 복수의 재밍 신호의 절대값의 평균으로 상기 유효 재밍 채널의 크기를 결정하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-PSK(phase shift keying) 방식으로 변조된 경우, 상기 유효 재밍 채널의 위상을 추정하는 동작은,

상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하는 동작;

상기 M개의 클러스터의 각 클러스터 별로 각 클러스터에 포함되어 있는 재밍 신호들의 중심점을 획득하는 동작;

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 위상에서 M-PSK 변조 신호들의 변조에 의한 위상을 감산하여 각 클러스터가 경험한 채널의 위상을 획득하는 동작;

각 클러스터에서 획득한 채널의 위상을 평균하여 상기 유효 재밍 채널의 위상을 획득하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우, 상기 유효 재밍 채널의 크기를 추정하는 동작은,

상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하는 동작;

상기 M개의 클러스터의 각 클러스터 별로 각 클러스터에 포함되어 있는 재밍 신호들의 중심점을 획득하는 동작;

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 크기를 평균하여 상기 유효 재밍 채널의 크기를 결정하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우, 상기 유효 재밍 채널의 위상을 추정하는 동작은,

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 위상을 계산하는 동작;

계산된 상기 중심점의 위상들을 작을 것부터 정렬하고 순차적으로 변조 위상을 감산하는 동작;

상기 변조 위상이 감산된 중심점들의 위상의 평균을 계산하는 동작;

계산된 상기 위상의 평균에서 기준 변조 위상을 추가적으로 감산하여 상기 유효 재밍 채널의 위상을 획득하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우, M이 4보다 큰 경우에는 M개의 클러스터 대신 4개의 클러스터를 사용하여 상기 유효 재밍 채널의 크기와 위상을 획득하는, 방법.

청구항 17

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하는 동작은,

상기 M개의 클러스터 각각의 중심점을 임의로 선택하는 동작;

상기 복수의 재밍 신호들 각각을 상기 임의로 선택한 각 중심점과의 거리가 가장 가까운 클러스터로 분배하는 동작;

상기 M개의 클러스터 각각에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정하는 동작;

상기 M개의 클러스터 전부에 대해 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일한지 판단하는 동작;

상기 판단 결과, 동일하지 아니한 경우에는 상기 복수의 재밍 신호들 각각을 상기 다시 결정한 중심점과의 거리가 가장 가까운 클러스터로 다시 분배하고, 상기 M개의 클러스터 각각에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정하고, 상기 M개의 클러스터 전부에 대해 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일한지 판단하는 동작;

상기 판단 결과, 동일한 경우에는, 상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하는 것을 완료하는 동작을 포함하는, 방법.

청구항 18

제10항에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 추정된 유효 재밍 채널에 기초하여 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는 동작은,

최대 우도(joint maximum likelihood) 검파기를 사용하되 수신한 신호에서 추정된 상기 유효 재밍 채널을 경험한 재밍 신호를 감산하여 상기 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 실시예들은 무선 통신 시스템에서의 심볼 레벨 재밍 공격을 극복하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 전자전의 발달로 인해 다양한 통신 무효화 기술이 개발되고 있다. 그 중 무선 통신 시스템을 동작을 방해하기 위하여 기존의 가우시안 재밍 기술이 아닌 통신 프로토콜을 파악하여 동일한 프로토콜로 임의 신호를 생성하여 전송하는 심볼 레벨 재밍 기술이 개발되고 있다.

[0004] 이러한 재밍 유형은 적은 전력으로도 더 효과적으로 통신 성능을 악화시킬 수 있으며, 더 나아가 재밍 시스템이 존재한다는 것도 인지할 수 없을 가능성도 있다.

[0005] 따라서, 이러한 심볼 레벨 재밍을 효과적으로 극복하기 위한 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 주파수 호핑을 통해 심볼 레벨 재밍 공격의 존재 유무를 파악하며 전력 효율적 심볼 레벨 재밍 공격을 효과적으로 극복하는 기술을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일실시예에 따르면, 항 재밍 통신 시스템은 송수신 단말들이 공유하는 N개 가용 부반송파(sub-carrier)에 대한 주파수 호핑 패턴에 따라 데이터를 전송할 부반송파를 결정하는 주파수 호핑 기법을 사용하여 데이터를 전송하는 송신 단말 및 각 부반송파에서 수신한 신호에서 유효 재밍 채널을 추정하고, 추정된 유효 재밍 채널에 기초하여 상기 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는 수신 단말을 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 상기 주파수 호핑 패턴에 기초하여 각 부반송파에서 재밍이 전송한 재밍 신호만 수신하는 시간 슬롯에서 복수의 재밍 신호들을 수집하고, 수집한 상기 복수의 재밍 신호들을 기초로 상기 유효 재밍 채널의 크기와 위상을 추정할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-PSK(phase shift keying) 방식으로 변조된 경우, 상기 복수의 재밍 신호의 절대값의 평균으로 상기 유효 재밍 채널의 크기를 결정할 수 있다.

- [0012] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하고, 상기 M개의 클러스터의 각 클러스터 별로 각 클러스터에 포함되어 있는 재밍 신호들의 중심점을 획득하고, 상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 위상에서 M-PSK 변조 신호들의 변조에 의한 위상을 감산하여 각 클러스터가 경험한 채널의 위상을 획득하고, 각 클러스터에서 획득한 채널의 위상을 평균하여 상기 유효 재밍 채널의 위상을 획득할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우, 상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하고, 상기 M개의 클러스터의 각 클러스터 별로 각 클러스터에 포함되어 있는 재밍 신호들의 중심점을 획득하고, 상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 크기를 평균하여 상기 유효 재밍 채널의 크기를 결정할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 상기 M개의 클러스터 각각의 중심점의 위상을 계산하고, 계산된 상기 중심점의 위상들을 작을 것부터 정렬하고 순차적으로 변조 위상을 감산하고, 상기 변조 위상이 감산된 중심점들의 위상의 평균을 계산하고, 계산된 상기 위상의 평균에서 기준 변조 위상을 추가적으로 감산하여 상기 유효 재밍 채널의 위상을 획득할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 복수의 재밍 신호들이 M개의 변조 신호를 가지는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 방식으로 변조된 경우, M이 4보다 큰 경우에는 M개의 클러스터 대신 4개의 클러스터를 사용하여 상기 유효 재밍 채널의 크기와 위상을 획득할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 상기 M개의 클러스터 각각의 중심점을 임의로 선택하고, 상기 복수의 재밍 신호들 각각을 상기 임의로 선택한 각 중심점과의 거리가 가장 가까운 클러스터로 분배하고, 상기 M개의 클러스터 각각에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정하고, 상기 M개의 클러스터 전부에 대해 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일한지 판단하고, 상기 판단 결과, 동일하지 아니한 경우에는 상기 복수의 재밍 신호들 각각을 상기 다시 결정한 중심점과의 거리가 가장 가까운 클러스터로 다시 분배하고, 상기 M개의 클러스터 각각에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정하고, 상기 M개의 클러스터 전부에 대해 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일한지 판단하고, 상기 판단 결과, 동일한 경우에는, 상기 복수의 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하는 것을 완료할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 수신 단말은 최대 우도(joint maximum likelihood) 검파기를 사용하여 수신한 신호에서 추정된 상기 유효 재밍 채널을 경험한 재밍 신호를 감산하여 상기 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 다른 일 실시 예에 따르면, 송수신 단말들이 공유한 N개 가용 부반송파(sub-carrier)에 대한 주파수 호핑 패턴에 따라 데이터를 전송할 부반송파를 결정하는 주파수 호핑 기법을 사용하여 데이터가 전송되는 항 재밍 통신 시스템에서 단말이 송신 신호를 검파하는 방법은 각 부반송파에서 수신한 신호에서 유효 재밍 채널을 추정하는 동작 및 추정된 유효 재밍 채널에 기초하여 송신 단말이 전송한 송신 신호를 검파하는 동작을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에서 제안하는 항 재밍 방법은 무선 통신 시스템의 강인성 성능을 향상시키고 전자전 등에서 효과적으로 사용될 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명에서 제안하는 항 재밍 방법은 간섭 네트워크에서 간섭원의 신호를 제거하여 원신호의 복호화 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0022] 또한 본 발명에서 제안하는 항 재밍 방법은 재밍 신호의 전력이 증가함에 따라 재밍 채널 추정의 성능이 향상됨으로 인해 통신 성능이 오히려 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일실시예에 따른 재머(jammer)가 포함된 무선통신 시스템의 예를 도시한 도면이다.
- 도 2는 재머가 있는 무선통신 시스템 환경에서 수신 단말(100)이 송신 단말(200)이 전송한 신호를 검파하는 방

법을 도시한 흐름도이다.

도 3은 4-QAM 또는 QPSK의 회전 대칭 특성을 설명하는 도면이다.

도 4는 하나의 부반송파에 대한 유효 재밍 채널을 추정하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

도 5는 M-QAM 재밍 신호에 대한 유효 재밍 채널의 크기를 획득하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

도 6은 유효 재밍 채널의 위상을 추정하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.
- [0026] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0027] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2구성요소는 제1구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0028] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0029] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0030] 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.
- [0032] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0033] 이하의 설명에서 동일한 식별 기호는 동일한 구성을 의미하며, 불필요한 중복적인 설명 및 공지 기술에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0034] 본 발명의 실시 예에서 '통신' 및 '통신망'은 동일한 의미로 사용될 수 있다. 상기 세 용어들은, 파일을 사용자 단말, 다른 사용자들의 단말 및 다운로드 서버 사이에서 송수신할 수 있는 유무선의 근거리 및 광역 데이터 송수신망을 의미한다.
- [0035] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0036] 도 1은 일실시예에 따른 재머(jammer)가 포함된 무선통신 시스템의 예를 도시한 도면이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 통상적인 무선통신 시스템은 기지국(100)과 사용자 단말(200)로 구성될 수 있다. 여기에 무선 통신 시스템의 통신 성능을 악화시키고자 재밍(jamming) 신호를 생성하여 전송하는 재머(jammer)(300)가 부가되

어 재머가 포함된 무선 통신 시스템이 형성될 수 있다.

[0038] 이하의 발명을 설명함에 있어 기지국(100)과 사용자 단말(200)은 각각 하나의 안테나를 가진다고 가정한다. 특히, 사용자 단말(200)이 데이터를 송신하고, 기지국(100)이 데이터를 수신하는 상향 링크 통신 환경을 고려할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 수신 단말은 기지국(100)이 아닌 다른 사용자 단말(200)이 되는 통신 환경을 고려할 수 있다.

[0039] 송신 단말인 사용자 단말(200)은 송수신 단말들이 공유하는 N개의 가용 부반송파(sub-carrier)에 대한 주파수 호핑(frequency hopping) 패턴에 기초하여 데이터를 송신하는 주파수 호핑 기법을 사용하여 수신 단말로 신호를 전송할 수 있다. 이때 수신 단말은 송신단과 수신단 사이의 무선 페이딩 채널 정보를 추정하고 알고 있을 수 있다.

[0040] 재머(300)는 전대역 심볼-레벨 재밍(barrage symbol-level jamming; B-SLJ) 기법을 사용하여 통신 신호에 대한 재밍을 시도할 수 있다. 전대역 심볼-레벨 재밍 기법은 재머(300)가 송수신 단말이 사용하는 N개의 가용 부반송파의 각 중심 주파수 및 변조 차수를 사전 파악하여, 같은 차수로 변조 심볼을 형성하고, 해당 모든 가용 부반송파에 재밍 신호를 전송하는 기법일 수 있다.

[0041] 재머(300)는 전대역 심볼-레벨 재밍 기법을 사용함으로써 수신 단말에서의 신호-대-재밍 잡음 비(signal-to-jamming-plus-noise ratio; SJNR)를 낮추어 수신 단말의 복호화(decoding)을 에너지 효율적이게 방해할 수 있다.

[0042] 이하 분석을 위해 모든 가용 부반송파의 페이딩 채널(송신 단말과 수신 단말 간, 재머와 수신 단말 간)은 일관성 시간(coherence time), 즉, B 시간 슬롯동안 변하지 않는다고 가정한다.

[0043] 전대역 심볼-레벨 재밍 기법을 사용함으로써 재머(300)는 항상 모든 가용 부반송파로 재밍 신호를 전송한다. 이에 따라, 송신 단말(200)이 주파수 호핑 패턴에 따라 신호를 전송하면, 송신 단말(200)에 의한 신호 전송이 없는 가용 부반송파에 대해서도 수신 단말(100)은 심볼-레벨 재밍 신호를 수신하게 된다. 따라서, t번째 시간 슬롯에 송신 단말(200)이 n번째 가용 부반송파로 신호를 전송하지 않는다면, 수신 단말(100)은 n번째 가용 부반송파로 재밍 신호만 수신하게 된다. 이때 수신 단말(100)이 수신하는 신호($y_{J,t}[n]$)는 다음 수학식 1과 같이 주어질 수 있다.

수학식 1

$$y_{J,t}[n] = h_J[n] \sqrt{P_J d_J^{-\alpha}} x_{J,t}[n] + w_t[n] := g_J[n] x_{J,t}[n] + w_t[n]$$

[0044]

[0045] 여기서, $h_J[n]$ 는 n번째 가용 부반송파에 대한 재머(300)에서 수신 단말(100)까지의 무선 페이딩 채널이고, 일 실시 예에 따라 모든 가용 부반송파에 대해서 독립이며 복소 가우시안 $\mathcal{CN}(0,1)$ 의 동일한 분포를 따른다고 가정할 수 있다.

[0046] P_J 는 재머(300)의 송신 전력을 나타내고, d_J 는 수신 단말(100)과 재머(300) 사이의 거리를 나타내고, α 는 거리 감쇄 지수(path loss exponent)를 나타낸다. 신호 $x_{J,t}[n]$ 는 재머(300)에서 임의의 비트를 생성하여 M진 직교 진폭 변조(M-quadrature amplitude modulation; M-QAM) 또는 M진 위상 편이 변조(M-phase shift keying; M-PSK)된 신호이며, 신호의 절대값의 제곱의 평균($E[|x_{J,t}[n]|^2]$)은 1로 가정한다. $w_t[n]$ 은 t번째 시간 슬롯에서 n번째 가용 부반송파에서의 수신 단말(100)의 잡음을 나타내며, 모든 잡음은 복소 가우시안 $\mathcal{CN}(0,1)$ 의 분포를 따른다고 가정할 수 있다.

[0047] 송신 단말(200)이 t번째 시간 슬롯에서 n번째 가용 부반송파를 통해 M-QAM 신호 x_t ($E[|x_t|^2] = 1$)를 전송하면,

송신 단말(200)이 전송한 신호와 재머(300)가 전송한 신호가 중첩되어 수신 단말(100)에 수신될 수 있다. 따라서, 수신 단말에서 t번째 시간에 n번째 가용 부반송파에서 수신한 신호($y_t[n]$)는 다음 수학식 2와 같이 주어질 수 있다.

수학식 2

$$y_t[n] = h[n]\sqrt{Pd}^{-\alpha}x_t[n] + h_J[n]\sqrt{P_Jd_J^{-\alpha}}x_{J,t}[n] + w_t[n]$$

$$:= g[n]x_t[n] + g_J[n]x_{J,t}[n] + w_t[n]$$

[0048]

[0049] 여기서, $h[n]$ 은 n번째 가용 부반송파에 대한 송신 단말(200)에서 수신 단말(100)까지의 무선 페이딩 채널이고, 일 실시 예에 따라 모든 가용 부반송파에 대해서 독립이며 복소 가우시안 $\mathcal{CN}(0,1)$ 의 동일한 분포를 따른다고 가정할 수 있다.

[0050] P는 송신 단말(200)의 송신 전력을 나타내고, d는 송신 단말(200)과 수신 단말(100) 사이의 거리를 나타낸다. 그 외 파라미터 및 약어는 상기 수학식 1과 동일하다.

[0051] 한편 B 시간 슬롯 동안 n번째 가용 부반송파로 송신 단말(200)이 신호를 전송하는 총 시간 슬롯은 $T[n]$ 이라고 가정할 수 있다.

[0052] 도 2는 재머가 있는 무선통신 시스템 환경에서 수신 단말(100)이 송신 단말(200)이 전송한 신호를 검파하는 방법을 도시한 흐름도이다.

[0053] 상술한 바와 같은 재머가 있는 무선통신 시스템 환경에서 기지국 또는 다른 사용자 단말일 수 있는 수신 단말(100)은 도 2에 따라 송신 단말(200)이 전송한 송신 신호를 검파할 수 있다.

[0054] 도 2를 참조하면, 수신 단말(100)은 동작 S100에서 유효 재밍 채널을 추정할 수 있다.

[0055] 수신 단말(100)은 재밍 신호의 정확한 비트 정보를 검파할 필요가 없기 때문에 하나의 재밍 신호로부터 성상을 검출할 필요는 없고, 다수의 재밍 신호로부터 수신 재밍 신호의 성상도 형상 정보를 형성하여 유효 재밍 채널(effective jamming channel)($\hat{g}_J[n]$)을 추정하는 것만으로도 충분하다. 여기서 유효 재밍 채널은 M-QAM 및 M-PSK 신호의 회전 대칭(rotational symmetry) 특징을 고려하여 정의한 채널 정보이다. 회전 대칭이란 기하학적으로 어떤 도형을 한 점 또는 축에 대해 일정 각도 회전시켰을 때 회전하기 전 모양과 동일한 형태를 보이는 특징을 말하며 도형의 중심을 기준으로 $360^\circ \times m/M (\forall m \in \{0, 1, 2, \dots, M-1\})$ 각도로 회전하였을 때 회전 대칭 특성을 갖는다면 그 도형은 오더(order) M인 회전 대칭 특성을 갖는다고 할 수 있다. 그렇기 때문에 M-QAM 신호의 성상도는 90도씩 회전할 때마다 동일한 형태를 가지고, M-PSK 신호의 성상도는 $360^\circ/M$ 씩 회전할 때마다 동일한 형태를 가지므로, 각각 오더 4와 오더 M의 회전 대칭 특성을 갖는다고 볼 수 있다.

[0056] 도 3은 4-QAM 또는 QPSK의 회전 대칭 특성을 설명하는 도면이다.

[0057] 도 3을 참조하면, 4-QAM 또는 QPSK는 4개의 사분면에 각각 하나의 성상을 가지는 성상도를 형성하도록 코딩된 신호일 수 있다.

[0058] 도 3을 참조하면 알 수 있듯이, 4-PSK 또는 QPSK의 성상도는 90도 회전시키면 동일한 형태를 가지므로 오더 4의 회전 대칭 특성을 가짐을 알 수 있다. 역으로, 4-PSK 또는 QPSK는 오더 4의 회전 대칭 특징을 가져 90도 회전시킨 후의 성상도는 회전 전의 성상도와 정확히 일치할 수 있다.

[0059] 이러한 특성을 참조하면, 수신 단말(100)이 정확한 재밍 채널의 위상($\angle g_J[n]$)에 360/4배 각도를 더하여 재밍

채널을 추정하여도 재밍 신호의 성상도 추정에는 문제가 없다. 따라서 M-QAM 신호에 대한 유효 재밍 채널을 다음 수학적 식 3과 같이 정의할 수 있고, M-PSK 신호에 대한 유효 재밍 채널을 다음 수학적 식 4와 같이 정의할 수 있다

수학적 식 3

$$\widehat{g}_J[n] = |g_J[n]| \exp\left(j\left(\angle g_J[n] + \frac{2\pi m}{4}\right)\right) \text{ for } m \in \{0,1,2,3\}$$

[0060]

수학적 식 4

$$\widehat{g}_J[n] = |g_J[n]| \exp\left(j\left(\angle g_J[n] + \frac{2\pi m}{M}\right)\right) \text{ for } m \in \{0,1,2,\dots,M-1\}$$

[0062]

[0063] 도 4는 하나의 부반송파에 대한 유효 재밍 채널을 추정하는 동작을 설명하는 흐름도이다. 도 4의 동작은 도 2의 동작 S100의 일 실시 예일 수 있다.

[0064] 도 4는 하나의 부반송파에 대한 유효 재밍 채널을 추정하는 동작으로 모든 부반송파 또는 데이터를 수신하게 될 복수의 부반송파에 대해 도 4의 유효 재밍 채널 추정 동작을 실시할 수 있다.

[0065] 동작 S410에서, 수신 단말(100)은 B시간 슬롯 동안에 n번째 가용 부반송파에 대한 유효 재밍 채널의 추정을 위하여, 송신 단말(200)이 신호를 전송하는 T[n]개의 시간 슬롯은 제외하고, 재밍 신호만 수신되는 B-T[n]개 시간 슬롯에서 재밍 신호 샘플을 수집할 수 있다.

[0066] 동작 S420에서, 수신 단말(100)은 수집한 재밍 신호 샘플로부터 채널의 크기를 추정할 수 있다.

[0067] 일 실시 예에 따라, M-PSK 재밍 신호의 경우 모든 송신 신호의 크기가 동일하기 때문에 수신 단말(100)은 유효 재밍 채널의 크기($\widehat{\rho}_J[n]$)를 다음 수학적 식 5와 같이 단순히 B-T[n]개 재밍 신호 샘플 값의 절대값의 평균으로 구할 수 있다.

수학적 식 5

$$\widehat{\rho}_J[n] = \frac{1}{B-T[n]} \sum_{t=1}^{B-T[n]} |y_{J,t}[n]|$$

[0068]

[0069] 다른 일 실시 예에 따라, M-QAM 재밍 신호의 경우, 모든 송신 신호의 크기가 동일하지 않고 M-QAM 변조 방식에서 설정한 복수의 송신 신호의 크기 중 하나로 송신되기 때문에, M-PSK 재밍 신호처럼 수집한 재밍 신호를 평균함으로써 유효 재밍 채널의 크기를 획득할 수는 없다. 본 개시에서는 M-QAM 재밍 신호를 M개의 그룹으로 클러스터링하여 각 그룹에 속하는 재밍 신호의 중심점을 구하고, 중심점 크기의 평균은 유효 재밍 채널의 크기로 결정하는 방안을 제안한다.

[0070] 도 5는 M-QAM 재밍 신호에 대한 유효 재밍 채널의 크기를 획득하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

[0071] 도 5를 참조하면, 동작 S510에서, 수신 단말(100)은 M-QAM 재밍 신호를 M개의 클러스터(cluster)로 분배하기 위하여 먼저 M개의 클러스터 중심점을 임의로 선택할 수 있다. 여기서 M은 M-QAM의 M으로 4-QAM은 4, 16-QAM의 경

우에는 16이다. 그리고 M개의 클러스터 중심점을 임의로 선택한다고 하였으나 일 실시 예에 따라, M/4는 제1 사분면(중심점의 Q 및 I가 모두 양수)에서 임의로 선택하고, 다른 M/4는 제2 사분면(중심점의 Q는 양수, I는 음수)에서 임의로 선택하고, 다른 M/4는 제3 사분면(중심점의 Q 및 I가 모두 음수)에서 임의로 선택하고, 나머지 M/4는 제4 사분면(중심점의 Q는 음수, I는 양수)에서 임의로 선택하여 속도를 높일 수 있다.

[0072] 동작 S520에서 수신 단말(100)은 수집한 재밍 신호들을 M개의 클러스터의 각 중심점과의 거리에 기초하여 M개의 클러스터에 분배할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 수신 단말(100)은 수집한 재밍 신호들을 중심점과의 거리가 가장 짧은 클러스터로 분배할 수 있다.

[0073] 동작 S530에서 수신 단말(100)은 분배되어 각 클러스터에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정할 수 있다.

[0074] 수신 단말(100)은 동작 S540에서 새롭게 결정된 각 클러스터의 중심점이 이전 각 클러스터의 중심점과 동일한지 판단하고, 동일하지 않다면 동작 S550에서, 수집한 재밍 신호를 새롭게 결정한 각 클러스터의 중심점과의 거리에 기초하여 M개의 클러스터에 다시 분배할 수 있다.

[0075] 수신 단말(100)은 동작 S530으로 돌아가, 각 클러스터에 속한 재밍 신호들을 기초로 각 클러스터의 중심점을 다시 결정할 수 있다. 각 클러스터의 중심점은 다음 수학적 식 6에 기초하여 결정할 수 있다.

수학적 식 6

$$\mu^{(k)}[n] = \frac{\sum_{t=1}^{B-T[n]} r_t^{(k)} y_{J,t}[n]}{\sum_{t=1}^{B-T[n]} r_t^{(k)}}$$

[0076]

[0077] 수학적 식 6에서 분모는 k번째 클러스터에 포함되는 재밍 신호의 수를 나타내고, 분자는 k번째 클러스터에 포함되는 재밍 신호의 합을 나타내는 것이다. 즉, k번째 클러스터에 포함되는 재밍 신호의 평균값을 구한 것이라 할 수 있다.

[0078] 수신 단말(100)은 동작 S550과 동작 S530을 모든 클러스터에 대해 다시 결정된 중심점이 이전 중심점과 동일하게 될 때까지 반복할 수 있다. 다시 결정된 중심점이 이전 중심점과 동일하다는 것은 이번 재분배에 의해 각 클러스터에 속한 재밍 신호들이 변하지 않고 그대로 유지되었다는 것과 동일하게 볼 수 있다.

[0079] 수신 단말(100)은 동작 S540에서, 다시 결정된 중심점과 이전 중심점이 동일하다고 판단한 경우 동작 S560으로 진행하여 다음 수학적 식 7과 같이 각 클러스터의 중심점의 크기를 평균하여 유효 재밍 채널 크기를 획득할 수 있다.

수학적 식 7

$$\hat{\rho}_J[n] = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M |\mu^{(k)}[n]|$$

[0080]

[0081] 여기서, $\mu^{(k)}[n]$ 은 k번째 클러스터의 중심점을 나타낸다.

[0082] 다시 도 4를 참조하면, 동작 S430에서 수신단말(100)은 수집한 재밍 신호를 기초로 채널의 위상을 추정할 수 있다.

[0083] 도 6은 유효 재밍 채널의 위상을 추정하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

[0084] 수신 단말(100)은 n번째 가용 부반송파에 대해 K-means 알고리즘으로 구한 M개의 클러스터의 중심점($\mu^{(k)}[n]$)을

획득할 수 있으며, 이때 $k(k \in \{1, 2, \dots, M\})$ 번째 중심점의 위상을 $\hat{\theta}_f^{(k)}[n]$ 으로 정의할 수 있다.

[0085] 도 6을 참조하면, 동작 S610에서, 수신 단말(100)은 K-mean 알고리즘에 기반하여 동작 S410에서 수집한 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하고 각 클러스터의 중심점을 획득할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 수신 단말(100)은 도 5에 도시된 동작에 기초하여 수집한 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하고 각 클러스터의 중심점을 획득할 수 있다.

[0086] 일 실시 예에 따라, M-QAM의 경우에는 재밍 신호들을 M개의 클러스터로 분배하여 M개의 클러스터의 중심점을 획득하여 이후 동작에 사용할 수 있으나, 다른 일 실시 예에 따라, M-QAM은 복수 개의 클러스터가 동일 위상을 가질 수 있기 때문에 대표로 4개의 클러스터만을 고려하여 위상 추정에 사용할 수 있다.

[0087] 이때, 4개의 클러스터를 선택하는 방법은 다양할 수 있다. 일 실시 예에 따라 M개의 클러스터 중심점을 획득하고, 그 중에서 크기(원점까지의 거리)가 가장 큰 4개의 클러스터의 중심점만 위상 추정을 위해서 사용할 수 있다.

[0088] 다른 일 실시 예에 따라, M개의 클러스터 중심점을 획득하고, 그 중에서 포함되는 재밍 신호의 개수가 가장 많은 4개의 클러스터의 중심점만을 위상 추정을 위해서 사용할 수 있다.

[0089] 다른 일 실시 예에 따라, 각 사분면 별로 위상이 각 사분면에 속하는 클러스터의 중심점 중에서 크기가 가장 큰 클러스터의 중심점 또는 재밍 신호의 개수가 가장 많은 클러스터의 중심점을 위상 추정을 위해서 사용할 수 있다.

[0090] 동작 S620에서 수신 단말(100)은 M개의 클러스터 각 중심점들의 위상($\hat{\theta}_f^{(k)}[n]$)을 계산할 수 있다. M-QAM에서 4개의 대표 클러스터만을 사용하는 경우에는 4개의 대표 클러스터 각 중심점들의 위상($\hat{\theta}_f^{(k)}[n]$)을 계산할 수 있다.

[0091] 동작 S630에서 수신 단말(100)은 클러스터의 각 중심점들에 대해 계산된 위상들을 작은 것부터 차례로 정렬하고, 순서대로 변조 위상을 작은 것에서 큰 것 순으로 감산할 수 있다.

[0092] 일 실시 예에 따라, 변조 방식이 M-PSK인 경우 변조 위상은 $\left[0, \frac{2\pi}{M}, \dots, \frac{(M-1)2\pi}{M}\right]$ 일 수 있다. 그리고 M개의 클러스터의 각 중심점에 대해 계산된 위상들이 작은 것부터 차례대로 $[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M]$ 일 수 있다. 여기서, $\theta_m(m = 1, \dots, M)$ 은 클러스터 각 중심점들의 위상($\hat{\theta}_f^{(k)}[n]$)중의 하나일 수 있다. 그러면 동작 S630에서 수신 단말(100)은 다음 수학적 식 8과 같이 변조 위상이 감산된 중심점들의 위상을 계산할 수 있다.

수학적 식 8

$$\begin{aligned} [\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_M] &= [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M] - \left[0, \frac{2\pi}{M}, \dots, \frac{(M-1)2\pi}{M}\right] \\ &= \left[\theta_1, \theta_2 - \frac{2\pi}{M}, \dots, \theta_M - \frac{(M-1)2\pi}{M}\right] \end{aligned}$$

[0093]

[0094] 일 실시 예에 따라, 변조 방식이 M-QAM인 경우 변조 위상은 $\left[0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}\right]$ 일 수 있다. 그리고 4개의 클러스터의 각 중심점에 대해 계산된 위상들이 작은 것부터 차례대로 $[\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4]$ 일 수 있다. 그러면 동작 S630에서 수신 단말(100)은 다음 수학적 식 9와 같이 변조 위상이 감산된 중심점들의 위상을 계산할 수 있다.

수학식 9

$$[\widehat{\theta}_1, \widehat{\theta}_2, \widehat{\theta}_3, \widehat{\theta}_4] = [\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4] - \left[0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}\right] = \left[\theta_1, \theta_2 - \frac{\pi}{2}, \theta_3 - \pi, \theta_4 - \frac{3\pi}{2}\right]$$

[0095]

[0096] 동작 S640에서 수신 단말(100)은 변조 위상이 감산된 중심점들의 평균 위상($\hat{\theta}$)을 다음 수학식 10과 같이 계산할 수 있다.

수학식 10

$$\hat{\theta} = \sum_{m=1}^M \widehat{\theta}_m$$

[0097]

[0098] 동작 S650에서 수신 단말(100)은 평균 위상($\hat{\theta}$)에서 기준 변조 위상을 추가적으로 감산할 수 있다. 여기서 기준 변조 위상은 변조 신호 중 가장 작은 위상을 가지는 변조 신호의 위상을 의미하는 것일 수 있다. 예를 들면, M-PSK 변조 신호의 경우, 기준 변조 위상은 π/M 이고, M-QAM 변조 신호의 경우, 기준 변조 위상은 $\pi/4$ 이다.

[0099] 수신 단말(100)은 동작 S650을 동작 S630에서 수행할 수 있다. 예를 들면 각 중심점의 위상에서 변조 위상을 감산시에 추가적으로 기준 변조 위상을 감산함으로써 동작 S650을 미리 수행할 수 있다.

[0100] 도 5에 기초하여 구한 유효밍 채널의 크기와 도 6에 기초하여 구한 유효 채널의 위상을 이용하여 추정된 유효 채널($\widehat{g}_J[n]$)을 다음 수학식 11과 같이 획득할 수 있다.

수학식 11

$$\widehat{g}_J[n] = \widehat{\rho}_J[n]e^{j\hat{\theta}}$$

[0101]

[0102] 일 실시 예에 따라, 유효 채널은 수학식 3과 4에 도시된 것처럼 복수 개의 유효 채널 중의 하나로 임의로 선택할 수 있으나, 상술 채널 위상을 구하면서 회전 대칭 특성을 반영하였는 바, 이 중에서 가장 작은 것을 선택하여 적용할 수 있다. 다시 도 2를 참조하면, 동작 S200에서, 수신 단말(100)은 추정된 채널을 이용하여 송신 단말의 신호를 검파할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 수신 단말(100)은 송신 단말의 신호를 검파하기 위해 최적의 검파기인 최대 우도(joint maximum likelihood; JML) 검파기를 사용할 수 있으며, n번째 가용 부반송파에 대해 다음 수학식 12의 동작을 수행하여 신호를 검파할 수 있다.

수학식 12

$$\hat{x}_t[n] = \underset{s[n], s_J[n] \in x}{\operatorname{argmin}} |y_t[n] - g[n]s[n] - \widehat{g}_J[n]s_J[n]|$$

[0103]

[0104] 여기서, x 는 M-PSK 또는 M-QAM 변조된 심볼들의 집합을 의미한다. 여기서, $y_t[n]$ 은 수신 단말(100)이 수신한

신호이고, $g[n]s[n]$ 은 송신 단말(200)이 송신한 신호($s[n]$)에 송신 채널($g[n]$)을 곱한 것으로, 송신 신호가 수신 단말(100)에서 수신될 수 있는 신호이고, $\hat{g}_j[n]s_j[n]$ 는 재머(300)가 송신한 신호($s_j[n]$)에 유효 재밍 채널($\hat{g}_j[n]$)을 곱한 것으로 재밍 신호가 수신 단말(100)에 수신될 수 있는 신호이다. 따라서, 모든 $s[n]$, $s_j[n]$ 에 대하여 수학식 11의 값이 가장 작게 하는 $s_j[n]$ 이 송신 단말(200)에서 전송한 신호로 검파할 수 있다.

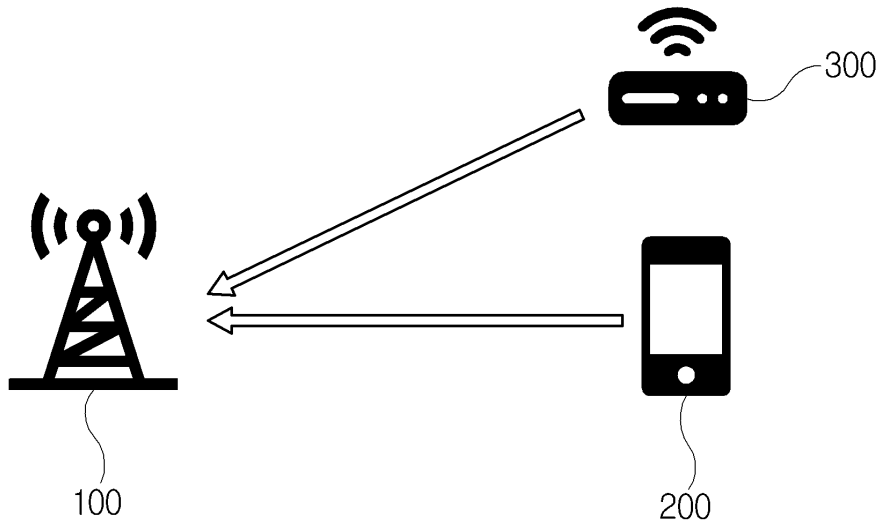
[0105] 상술한 방법에 의하여 본 개시에서는 재머가 전송한 신호를 검출하고, 송신 신호와 재머가 전송한 신호가 동시에 들어오는 수신 신호에서 재머가 전송한 신호를 감산하여 판단함으로써 송신 단말이 전송한 신호를 용이하게 검파할 수 있다. 특히 재머가 전송한 신호의 전력이 강할수록 유효 재밍 채널 추정 성능이 향상되기 때문에 재머가 전송한 신호를 더욱 용이하고 정밀하게 추정할 수 있고, 그 결과 검파 성능을 개선할 수 있다.

부호의 설명

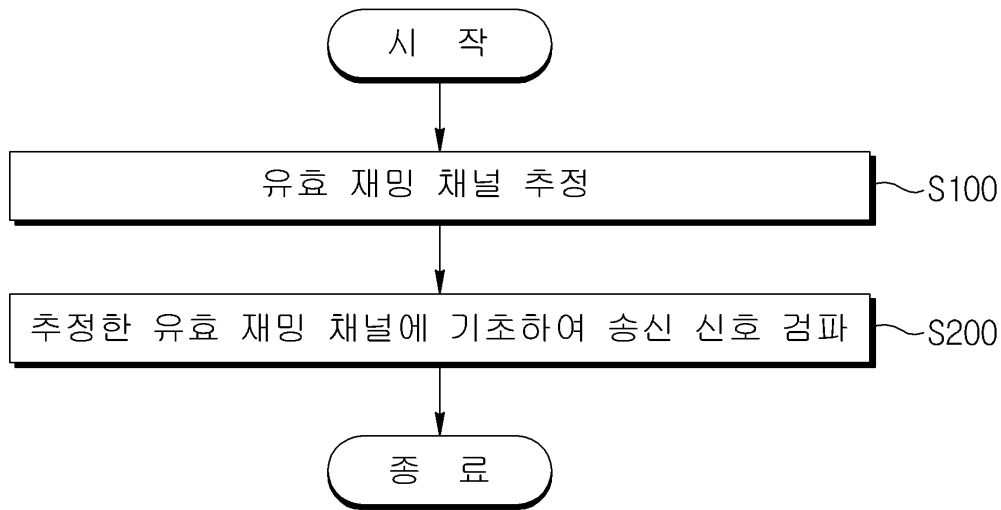
[0107] 100... 수신 단말
200... 송신 단말
300... 재머

도면

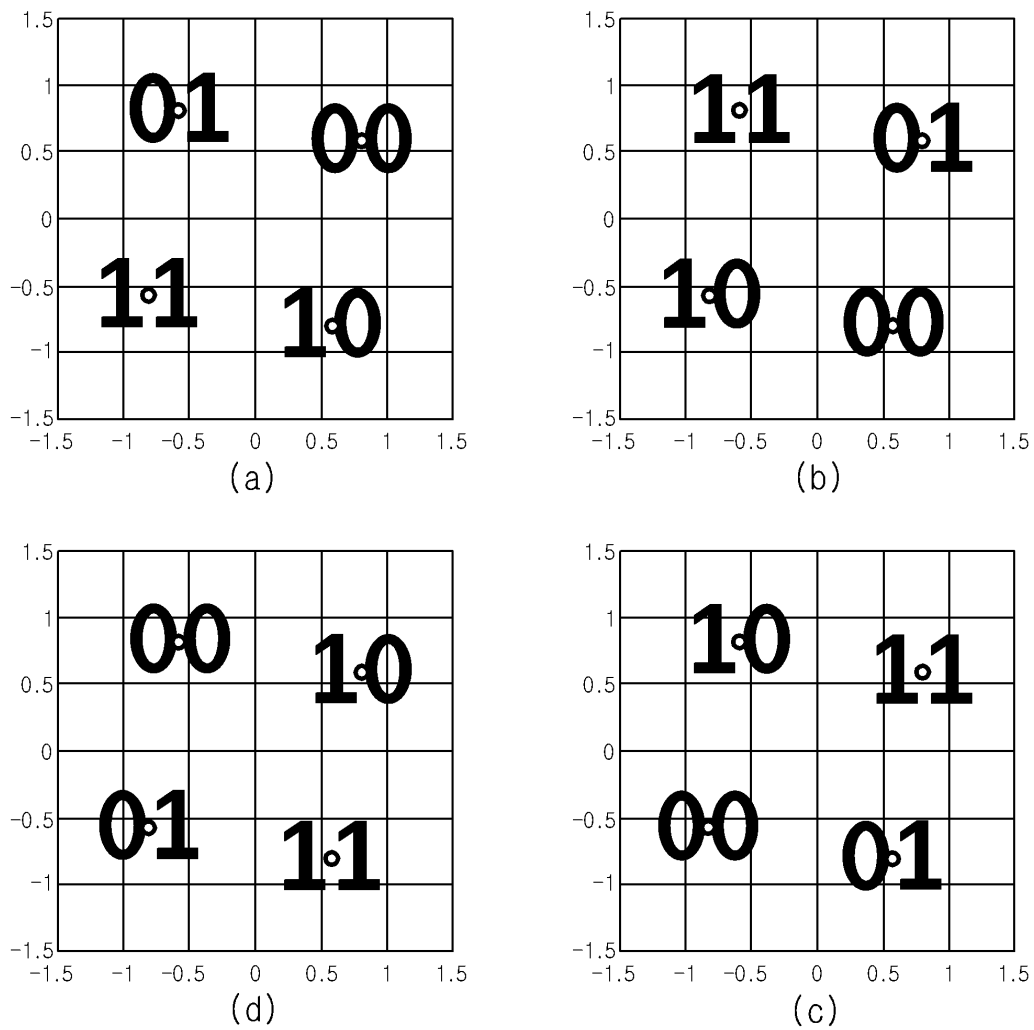
도면1



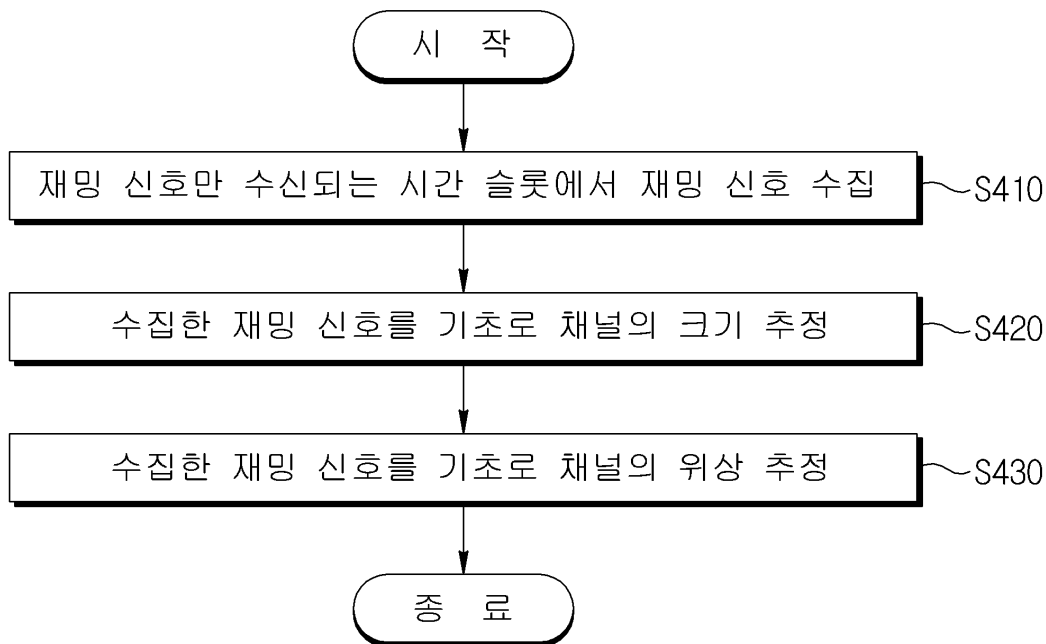
도면2



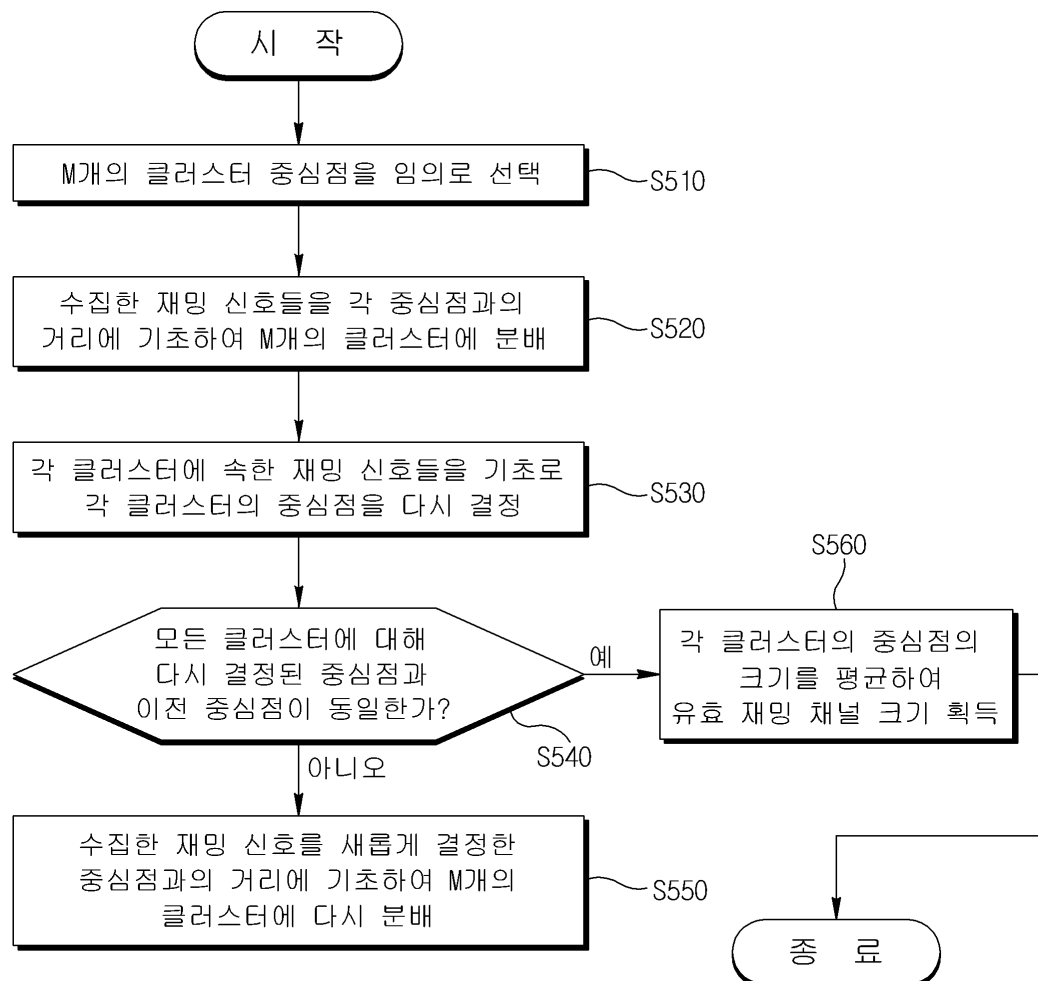
도면3



도면4



도면5



도면6

