



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월15일
(11) 등록번호 10-2339401
(24) 등록일자 2021년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04J 99/00 (2009.01) H04B 17/336 (2014.01)
H04B 3/54 (2006.01) H04W 52/26 (2009.01)
H04W 52/50 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04J 15/00 (2013.01)
H04B 17/336 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2020-0141726
(22) 출원일자 2020년10월29일
심사청구일자 2020년10월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020080028104 A

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이경재
대전광역시 유성구 노은동로 111 열매마을10단지
아파트 1010동 701호
로저 콰오 아히아도메이
대전광역시 유성구 동서대로 158-11 HB학사, B동
301호
(74) 대리인
이은철, 이우영

전체 청구항 수 : 총 13 항

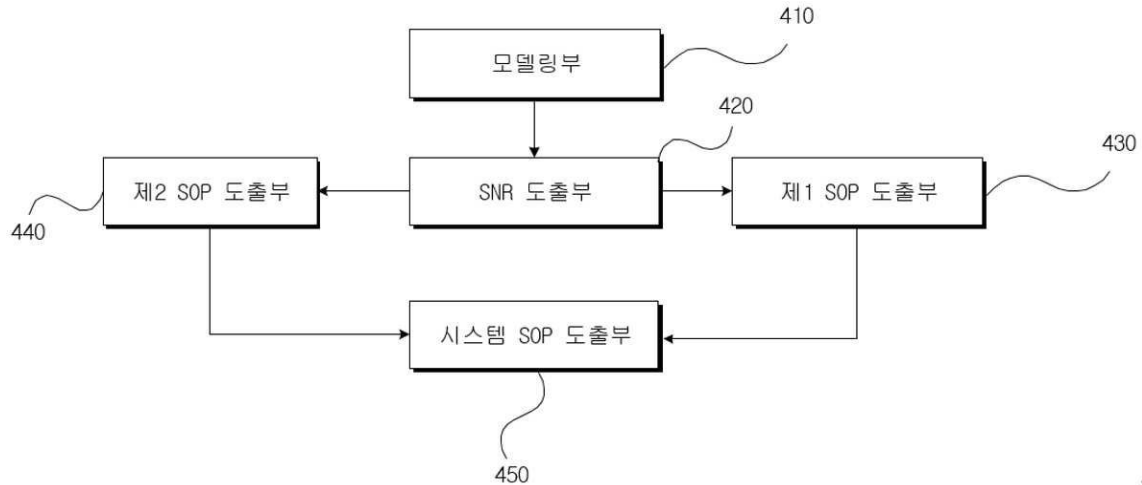
심사관 : 장진환

(54) 발명의 명칭 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템 및 방법이 개시된다. 구체적인 구현 예에 따르면 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당할 수 있고, 이에 보안성이 견고한 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템을 제공할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04B 3/544 (2013.01)

H04W 52/267 (2013.01)

H04W 52/50 (2013.01)

H04K 2203/34 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711103058
과제번호	2018-0-00812-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발(R&D)
연구과제명	IoT 무선전력전송 인지무선통신을 위한 사용자중심 분산 Massive MIMO 시스템 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

소스 노드와 소정 거리 이격 설치된 적어도 하나의 근거리 사용자 노드 및 원거리 사용자 노드와 외부 도청 노드 간의 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 PLC(Power Line Communication) 시스템에 있어서,

협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP(Secrecy Outage Probability)와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당하는 보안 장치를 더 포함하고,

상기 보안 장치는,

상관 로그 정규 랜덤 변수의 PDF(Probability Density Function) 기반으로 각 노드 간의 PLC 채널을 모델링하고 Bernoulli Gaussian 프로세스에 의해 잡음에 대한 모델링을 수행하는 모델링부;

상기 모델링된 PLC 채널 및 잡음을 토대로 각 사용자 노드의 신호대 잡음비 SNR(Signal Noise Ratio) 및 원거리 사용자 노드 및 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR(Signal Interference Noise Ratio)를 도출하는 SNR 연산부;

근거리 사용자 노드의 SNR 및 원거리 사용자 노드에 대한 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 토대로 보안율을 도출하고 도출된 보안율과 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하는 제1 SOP 도출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 SOP 도출부는

근거리 사용자 노드의 SNR과, 원거리 사용자 노드에서 근거리 사용자 노드 간의 SNR의 오차 함수 및 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 SOP 도출부는

도출된 근거리 사용자 노드의 SOP의 오차 함수에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 통해 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 닫힌 형태의 SOP를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 보안 장치는,

각 근거리 사용자 노드 SNR과, 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하고,

도출된 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 닫힌 형태의 SOP를 도출하는 제2 SOP 도출부를 더 포함하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제2 SOP 도출부는,

원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 원거리 사용자 노드의 SOP를 도출한 다음

도출된 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 보안 장치는,

상기 내부 도청 및 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP와 및 원거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP를 토대로 시스템 SOP를 도출하고, 도출된 시스템 SOP를 토대로 보안율을 최대화시키는 전력을 할당하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템.

청구항 7

보안 장치에 의거 실행되는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법에 있어서,

상관 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 기반으로 각 노드 간의 PLC 채널을 모델링하고 Bernoulli Gaussian 프로세스에 의해 잡음에 대한 모델링을 수행하는 모델링 단계;

상기 모델링된 PLC 채널 및 잡음을 토대로 각 사용자 노드의 신호대 잡음비 SNR 및 원거리 사용자 노드 및 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 도출하는 SNR 연산 단계; 및

근거리 사용자 노드의 SNR 및 원거리 사용자 노드에 대한 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 토대로 보안율을 도출하고 도출된 보안율과 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하는 제1 SOP 도출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제1 SOP 도출 단계는,

근거리 사용자 노드의 SNR과, 원거리 사용자 노드에서 근거리 사용자 노드 간의 SNR의 오차 함수 및 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제1 SOP 도출 단계는,

도출된 근거리 사용자 노드의 SOP의 오차 함수에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 통해 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 SOP 도출 단계 이후에,

각 근거리 사용자 노드 SNR과, 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하고,

도출된 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하는 제2 SOP 도출 단계를 더 포함하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법

청구항 11

제10항에 있어서, 제2 SOP 도출 단계는,

원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 원거리 사용자 노드의 SOP를 도출한 다음

도출된 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제2 SOP 도출 단계 이후에

상기 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP와 및 원거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP를 토대로 시스템 SOP를 도출하는 단계; 및

도출된 시스템 SOP를 토대로 보안율을 최대화하는 전력을 할당하는 단계를 포함하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 사용자 중심 다중 접속 통신 방법

청구항 13

제7항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 사용자 중심 다중 접속 통신 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록되고 컴퓨터에 의해 실행 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 사용자 중심 다중 접속 기반의 전력선 통신망의 보안 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 협력 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal Multiple Access)기반의 전력선 통신망에서 다수의 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 내부 및 외부 도청을 고려하여 최대 보안율을 제공할 수 있는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전력선을 이용하여 데이터 통신을 수행하는 기법은 최근 몇 년 동안 산업계와 학계 모두에서 새로운 관심을 받고 있으며, 이러한 전력선 통신 (PLC)은 전기 자동차 (EV), 사물 인터넷 (IoT) 및 스마트 그리드 네트워크에서 저속 및 고속 데이터 전송률을 지원할 수 있는 대체 통신 기술로 연구되고 있다.

[0004] 더욱이 최근에는 PLC 성능을 저하시키는 적대적인 채널과 임펄스 소음 환경에 대해, 무선과 PLC 전송 간의 유사한 특성으로 인해 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), MIMO (Multi-input Multioutput), 릴레이 및 전이중 등의 무선 기술을 통합시켜 PLC 성능을 향상시킬 수 있다.

[0005] 한편, 협력 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal multiple access)에서는 여러 목적지 노드에게 동일한 시간에, 주파수 및 공간 자원을 사용하여 동시에 제공된다. 전력 도메인 NOMA의 경우 소스 노드 S는 사용자 데이터가 전력 레벨이 다르게 멀티플렉싱되는 위치 코딩(SC)을 사용하고, 사용자 노드는 소스 노드 S의 전송 신호의 전력 오차를 통해 연속 간섭 무효화(SIC)를 사용하여 원하는 데이터를 복구할 수 있다. SIC에서 목적지 노드의 수신 신호는 채널 이득에 따라 디코딩 순서가 정해진다. 즉, 디코딩 프로세스는 연속적으로 수행되고, 이에 목적지 노드가 원하는 데이터를 얻을 때까지 수신된 데이터를 연속 디코딩되며, 따라서, 복합된 수신 데이터에서 전력선 소스 노드의 전송 신호는 획득된다.

[0006] 그러나, PLC 시스템에서의 데이터 통신 특성으로 인해 데이터 보안 및 개인 정보가 악의적인 엔티티에 의해 쉽게 손상되는 한계에 도달하였다.

[0007] 이에 본 출원인은 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당하는 방안을 제안하고자 한다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) 1. K. M. Rabie, B. Adebisi, E. H. G. Yousif, H. Gacanin, and A. M. Tonello, "A comparison between orthogonal and non-orthogonal multiple access in cooperative relaying power line communication systems," IEEE Access, vol. 5, pp. 10 118-10 129, 2017.

(비특허문헌 0002) 2. Y. Liu, Z. Pan, R. Xiao, H. Yang, and C. Yan, "Throughput analysis for WPT networks over two-way log-normal fading channels," in Proc. IEEE/CIC Int. Conf. on Commun. China, Aug.

2019, pp. 502-506.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 있어 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당하는 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템 및 방법을 제공하고자 함에 있다.

[0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 이루기 위한 하나의 양태에 의거한 일 실시예의 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템은,
- [0012] 소스 노드와 소정 거리 이격 설치된 적어도 하나의 근거리 사용자 노드 및 원거리 사용자 노드와 외부 도청 노드 간의 사용자 중심 다중 접속 통신 시스템에 있어서,
- [0013] 상기 소스 노드는
- [0014] 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP(Secrecy Outage Probability)를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당하는 보안 장치를 더 포함하고,
- [0015] 상기 보안 장치는,
- [0016] 상관 로그 정규 랜덤 변수의 PDF(Probability Density Function) 기반으로 각 노드 간의 PLC 채널을 모델링하고 Bernoulli Gaussian 프로세스에 의해 잡음에 대한 모델링을 수행하는 모델링부;
- [0017] 상기 모델링된 PLC 채널 및 잡음을 토대로 각 사용자 노드의 신호대 잡음비 SNR(Signal Noise Ration) 및 원거리 사용자 노드 및 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR(Signal Interference Noise Ratio)를 도출하는 SNR 연산부;
- [0018] 근거리 사용자 노드의 SNR 및 원거리 사용자 노드에 대한 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 토대로 보안율을 도출하고 도출된 보안율과 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하는 제1 SOP 도출부를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0019] 바람직하게 상기 제1 SOP 도출부는
- [0020] 근거리 사용자 노드의 SNR과, 원거리 사용자 노드에서 근거리 사용자 노드 간의 SNR의 오차 함수 및 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하도록 구비될 수 있다.
- [0021] 바람직하게 상기 제1 SOP 도출부는
- [0022] 도출된 근거리 사용자 노드의 SOP의 오차 함수에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 통해 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 닫힌 형태의 SOP를 도출하도록 구비된다.
- [0023] 바람직하게 상기 보안 장치는,
- [0024] 각 근거리 사용자 노드 SNR과, 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하고,
- [0025] 도출된 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 닫힌 형태의 SOP를 도출하는 제2 SOP 도출부를 더 포함하도록 구비될 수 있다
- [0026] 바람직하게 제2 SOP 도출부는,
- [0027] 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 원거리 사용자 노드의 SOP

를 도출한 다음

- [0028] 도출된 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하도록 구비될 수 있다.
- [0029] 바람직하게 상기 보안 장치는,
- [0030] 상기 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP와 및 원거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP를 토대로 시스템 SOP를 도출하고, 도출된 시스템 SOP를 토대로 보안율을 최대화시키는 전력을 할당하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 상기 목적을 이루기 위한 일 실시 양태에 의거한 본 발명의 사용자 중심 다중 접속 통신 방법은,
- [0032] 보안 장치에 의거 실행되는 발명의 사용자 중심 다중 접속 통신 방법에 있어서,
- [0033] 상관 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 기반으로 각 노드 간의 PLC 채널을 모델링하고 Bernoulli Gaussian 프로세스에 의해 잡음에 대한 모델링을 수행하는 모델링 단계;
- [0034] 상기 모델링된 PLC 채널 및 잡음을 토대로 각 사용자 노드의 신호대 잡음비 SNR 및 원거리 사용자 노드 및 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 도출하는 SNR 연산 단계;
- [0035] 근거리 사용자 노드의 SNR 및 원거리 사용자 노드에 대한 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 토대로 보안율을 도출하고 도출된 보안율과 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하는 제1 SOP 도출 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0036] 바람직하게 상기 제1 SOP 도출 단계는,
- [0037] 근거리 사용자 노드의 SNR과, 원거리 사용자 노드에서 근거리 사용자 노드 간의 SNR의 오차 함수 및 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하도록 구비될 수 있다.
- [0038] 바람직하게 상기 제1 SOP 도출 단계는,
- [0039] 도출된 근거리 사용자 노드의 SOP의 오차 함수에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 통해 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하도록 구비된다.
- [0040] 바람직하게 상기 제1 SOP 도출 단계 이후에,
- [0041] 각 근거리 사용자 노드 SNR과, 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하고,
- [0042] 도출된 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하는 제2 SOP 도출 단계를 더 포함하도록 구비될 수 있다
- [0043] 바람직하게 제2 SOP 도출 단계는,
- [0044] 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 원거리 사용자 노드의 SOP를 도출한 다음
- [0045] 도출된 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 단협 형태의 SOP를 도출하도록 구비될 수 있다.
- [0046] 바람직하게 상기 제2 SOP 도출 단계 이후에
- [0047] 상기 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP와 및 원거리 사용자 노드의 근사화된 단협 형태의 SOP를 토대로 시스템 SOP를 도출하는 단계; 및 도출된 시스템 SOP를 토대로 보안율을 최대화시키는 전력을 할당하는 단계를 포함하도록 구비될 수 있다.
- [0048]

발명의 효과

- [0049] 일 실시예에 따르면, 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자

노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당할 수 있고, 이에 보안성이 견고한 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0050] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 일 실시예가 적용되는 전력선 통신 시스템의 구성을 보인 도이다.

도 2는 일 실시예의 보안 장치의 세부 구성도이다.

도 3은 일 실시예의 임펄스 잡음에 대한 SNR 및 SOP를 보인 도이다.

도 4는 일 실시예의 채널 상관도에 대한 SNR 및 SOP를 보인 도이다.

도 5는 일 실시예의 SOP 및 전력 할당을 보인 도이다.

도 6은 일 실시예의 보안 장치의 동작 과정을 보인 전체 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0051] 이하, 첨부한 도면들 및 후술되어 있는 내용을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시 예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 한편, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급되지 않는 한 복수형도 포함된다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자가 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 보다 상세하게 설명한다.

[0052] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0053] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0054] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0055] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "부"라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, "부"는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 "부"는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. "부"는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.

[0056] 따라서, 일 예로서 "부"는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 "부"들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 "부"들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 "부"들로 더 분리될 수 있다.

- [0057] 본 명세서에 대한 설명에 앞서, 본 명세서에서 사용되는 몇 가지 용어들에 대하여 명확하게 하기로 한다.
- [0058] 일 실시예는 예의 협력 다중 접속(NOMA: Non Orthogonal Multiple access) 기반의 전력선 통신(PLC: Power Line Communication) 시스템에 있어, 소스 노드와 다수의 사용자 노드들 간의 신호대 잡음비 SNR과 사용자 노드들과 외부 도청 노드 간의 신호대 잡음비 SNR을 토대로 내부 도청과 외부 도청이 반영된 각 소스 노드, 사용자 노드들 및 외부 도청 노드의 SOP를 도출하고 도출된 각 노드 별 SOP 각각에 대해 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 이용하여 근사화된 단함 형식의 SOP를 도출함에 따라 각 노드의 근사화된 단함 형식의 SOP를 고려하여 보안율이 최대화되도록 최적 전력을 할당할 수 있다.
- [0059] 일 실시예에서 협력 다중 접속(NOMA) 기반의 전력선 통신망은 바람직한 실시예일 뿐, 필요에 따라 일부 구성 요소가 추가되거나 삭제될 수 있음은 물론이다. 또한, 도 1에 도시된 협력 다중 접속(NOMA)된 전력선 통신 시스템 각각의 구성 요소들은 기능적으로 구분되는 기능 요소들을 나타낸 것으로서, 복수의 구성 요소가 실제 물리적 환경에서는 서로 통합되는 형태로 구현될 수도 있음에 유의한다.
- [0060] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략한다.
- [0061] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 일 실시 예의 협력 다중 접속(NOMA: Non Orthogonal Multiple access)기반의 전력선 통신(PLC: Power Line Communication) 시스템의 물리적 계층 보안(PLS : Physical layer security, 이하 보안 장치로 약칭함) 장치 및 방법에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0062] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 일 실시 예의 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템의 보안 장치 및 방법에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0063] 도 1은 일 실시예의 전력선 통신 시스템의 구성을 보인 도이고, 도 2는 도 1의 전력선 통신 시스템의 보안 장치를 보인 세부 구성도이며, 도 1 및 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 전력선 통신 시스템은, 소스 노드 S(100), 사용자 노드 N, F(210)(220), 외부 도청 노드 E(300)를 포함한다. 여기서, 사용자 노드 N(210)은 소스 노드 S(100)에 대해 근거리에 위치하고, 사용자 노드 F(220)는 사용자 노드 N(210) 보다 원거리에 위치한다. 여기서, 근거리 및 원거리라 함은 통신 채널 이득을 고려하여 정해진 위치 상의 거리이다.
- [0064] 즉, 소스 노드 S(100)는 근거리 사용자 노드 N(210)와 원거리 사용자 노드 F(220) 간에 다른 전력으로 할당된 중첩 신호를 전송하는 협력 다중 액세스(NOMA: Non Orthogonal Multiple Access) 기반으로 통신하고, 근거리 사용자 노드 N(210)은 원거리 사용자 노드 F(220)에 비해 채널 이득이 낮기 때문에 근거리 사용자 노드 N(220)로 저장되며, 이에 원거리 사용자 노드 F(220)는 내부 도청기로 근거리 사용자 노드 N(210)의 데이터 신호를 디코딩할 수 있다.
- [0065] 그리고 소스 노드 S(100)는 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당하는 보안 장치(400)를 더 포함하도록 구비되며, 보안 장치(400)는 도 2에 도시된 바와 같이 모델링부(410), SNR 도출부(420), 제1 SOP 도출부(430), 제2 SOP 도출부(440) 및 시스템 SOP 도출부(450)을 포함할 수 있다.
- [0066] 이에 모델링부(410)는 소스 노드 S(100)과 근거리 사용자 노드 N(210)간의 링크, 소스 노드 S(100)과 원거리 사용자 노드 F(220)간의 링크, 및 소스 노드 S(100)과 외부 도청 노드 E(300) 간의 링크를 각각 h_{sn} , h_{sf} 및 h_{se} 로 가정하면, 각 링크는 상관 계수 ρ 를 포함하는 로그 정규 랜덤 변수 RVs(Random Variables)로 모델링된다.
- [0067] 이때 상관 계수 ρ 는 두 링크 사이의 상관 관계 정도이고, 상관된 로그 정규 랜덤 변수 RVs는 $h_m \sim \ln \mathcal{N}(\mu_{h_m}, \sigma_{h_m}^2)$, $m \in (sn, sf, se)$ 이다. 여기서, μ_{h_m} 및 $\sigma_{h_m}^2$ 는 $\ln(h_m)$ 의 평균 및 분산이다.
- [0068] 그리고 신호 감쇠는 $\alpha_m = \exp(-(b_0 + b_1 f^k) d_m)$ 로 모델링된다. 여기서, d_m 은 링크 거리이고, f 는 MHz 단위의 전송 주파수이며 k , b_0 , b_1 각각은 선행문헌 1로부터 얻어진 감쇠 상수이다.
- [0069] 한편 각 노드 간에 존재하는 총 잡음은 배경 잡음과 임펄스 잡음을 포함하며, 모델링부(410)은 각 총 잡음을 선행문헌 2에 개시된 Bernoulli-Gaussian random 기법에 의거 모델링된다.

- [0070] 즉, Bernoulli-Gaussian random 기법에 의거 각 사용자 노드 N, F의 총 잡음은 $f_n(n) = \sum_{j=1}^2 p_j \mathcal{N}(n, 0, \sigma_j^2)$ 으로 나타낼 수 있고, 여기서, p는 임펄스 잡음의 도착 확률로 정의되며, $p_1 = 1-p$ 및 $p_2 = p$ 이다. 그리고, $\mathcal{N}(n, 0, \sigma_1^2)$ 은 0과 분산 σ_B^2 를 가지는 로그 정규 랜덤 변수 RV_n 의 가우시안 PDF(Probability Density Function)으로 나타내고, $\mathcal{N}(n, 0, \sigma_2^2)$ 는 0과 분산 $\sigma_B^2 + \sigma_I^2$ 를 가지는 로그 정규 랜덤 변수 RV_n 의 가우시안 PDF로 나타낸다.
- [0071] 그리고, 각 분산 σ_B^2 및 σ_I^2 는 입력 신호 대 배경 잡음비 SNR(Signal Noise Ratio) 및 신호대 간섭 잡음비 SINR(Signal Interference plus Noise Ratio) 이다. 모든 수신 노드의 임펄스 잡음의 도착 확률은 같다고 가정하자.
- [0072] 사용자 노드 N(210) 및 사용자 노드 F(220) 각각의 전력 할당 계수 a_n 및 a_f 이고, $a_n + a_f = 1$ 및 $a_n > a_f$ 인 경우 소스 노드 S의 전송 전력 P_s 으로 정의되면 소스 노드 S(100)의 중첩 신호 $x_s = \sqrt{a_n P_s} x_n + \sqrt{a_f P_s} x_f$ 이다. 여기서, x_n, x_f 각각은 사용자 노드 N 및 F 각각의 데이터 신호이고, $\mathbb{E}[|x_n|^2] = \mathbb{E}[|x_f|^2] = 1$ 를 만족한다.
- [0073] 사용자 노드 N 및 F 각각의 수신 신호 y_n, y_f 는 다음 식 1 및 식 2로 주어진다.
- [0074] [식 1]
- [0075]
$$y_n = (\sqrt{a_n P_s} x_n + \sqrt{a_f P_s} x_f) \alpha_{sn} h_{sn} + n_n$$
- [0076] [식 2]
- [0077]
$$y_f = (\sqrt{a_n P_s} x_n + \sqrt{a_f P_s} x_f) \alpha_{sf} h_{sf} + n_f$$
- [0078] 여기서, n_n 및 n_f 는 분산 σ_n^2 및 σ_f^2 를 가지는 잡음이다.
- [0079] 근거리 사용자 노드 N(210)은 원거리 사용자 노드 F(220)의 데이터 신호 x_f 를 감지한 다음 감지된 사용자 노드 F(220)의 데이터 신호 x_f 를 인코딩하며, 인코딩된 사용자 노드 F(220)의 데이터 신호 x_f 를 사용자 노드 N의 수신 신호 y_n 에서 감산한다. 그리고, 사용자 노드 N(210)은 감산 결과로 원하는 사용자 노드 N(210)의 데이터 신호 x_n 을 디코딩하기 위해 SIC(successive interference cancellation)를 실행한다.
- [0080] 이에 SNR 도출부(420)는 사용자 노드 N(210)의 데이터 신호 x_n 을 디코딩하기 위한 신호대 잡음비(SNR) γ_n 을 하기 식 3으로 도출할 수 있다.
- [0081] [식 3]
- [0082]
$$\gamma_n = \frac{a_n P_s \alpha_{sn}^2 h_{sn}^2}{\sigma_n^2}$$
- [0083] 그리고, 원거리 사용자 노드 F(220)의 데이터 신호 x_f 에 대한 전력은 사용자 노드 N(210)의 전력 보다 많기 때문에 사용자 노드 F(220)는 데이터 신호 x_n 을 간섭 처리하여 원하는 데이터 신호 x_f 를 도출할 수 있다.
- [0084] 이에 SNR 도출부(420)는 도출된 사용자 노드 F(220)의 데이터 신호 x_f 에 대한 신호대 간섭 잡음비 SINR γ_f 을 식 4으로 나타낼 수 있다.
- [0085] [식 4]
- [0086]
$$\gamma_f = \frac{a_f P_s \alpha_{sf}^2 h_{sf}^2}{a_n P_s \alpha_{sf}^2 h_{sf}^2 + \sigma_f^2}$$
- [0087] 한편 원거리 사용자 노드 F(220)는 데이터 신호 x_f 를 도출한 후 내부 도청을 반영하여 사용자 노드 N(210)의 데

이터 신호 x_n 을 디코딩하기 위한 SNR은 다음 식 5로 정의된다.

[식 5]

$$\gamma_{f \rightarrow n} = \frac{a_n P_s \alpha_{sf}^2 h_{sf}^2}{\sigma_f^2}$$

한편, 외부 도청 노드 E(300)는 소스 노드 S(100)로부터 이전 데이터 신호들을 도청하고, 이에 외부 도청 노드 E(300)의 수신 신호는 다음 식 6을 나타낼 수 있다.

[식 6]

$$y_e = (\sqrt{a_n P_s} x_n + \sqrt{a_f P_s} x_f) \alpha_{se} h_{se} + n_e$$

여기서, n_e 는 분산 σ_e^2 를 가지는 외부 도청 노드 E(300)의 잡음이다. 이에 E(300)은 SIC를 이용하여 사용자 노드 N, F(210)(220)의 데이터 신호 x_n x_f 에 대한 디코딩을 수행하여야 하고 이에 이에 SNR 도출부(420)는 데이터 신호 x_n x_f 에 대한 디코딩을 위한 SNR을 각각 다음 식 7 및 식 8로 나타낼 수 있다.

[식 7]

$$\gamma_{e \rightarrow f} = \frac{a_f P_s \alpha_{se}^2 h_{se}^2}{a_n P_s \alpha_{se}^2 h_{se}^2 + \sigma_e^2}$$

[식 8]

$$\gamma_{e \rightarrow n} = \frac{a_n P_s \alpha_{se}^2 h_{se}^2}{\sigma_e^2}$$

일 실시예는 SNR 도출부(420)의 근거리 사용자 노드 N와 원거리 사용자 노드 F 각각의 SNR과 외부 도청 노드 및 각 사용자 노드 간의 SNR을 토대로 내부 및 외부 도청에 대해 달성 가능한 보안율 보다 타겟 보안율이 낮을 확률인 보안 불통 성능(SOP: Secrecy Output Performance)을 도출한다. 즉, 제1 SOP 도출부(430)는 내부 도청에 대해 근거리 사용자 노드 N(210)의 폐회로 형식의 SOP를 유도할 수 있다.

우선 근거리 사용자 노드 N(210)에 대한 내부 도청에 대한 보안율 C_n^{int} 은 다음 식 9로 정의된다.

[식 9]

$$C_n^{\text{int}} = [\log_2(1 + \gamma_n) - \log_2(1 + \gamma_{f \rightarrow n})]^+$$

여기서, $[x]^+ = \max(0, x)$ 이다. 사용자 노드 N(210)의 타겟 보안율을 R_n 로 정의하고 배경 잡음 및 임펄스 잡음을 고려하면 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP는 다음 식 10으로 나타낼 수 있다. 즉, 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP $SOP_{n_j}^{\text{int}}$ 는 근거리 사용자 노드 N(210)의 SNR과 원거리 사용자 노드 F(220) 및 근거리 사용자 노드 N(210)간의 SNR에 대한 오차 함수, 타겟 보안율 R_n 을 고려하여 도출된다.

[식 10]

$$SOP_n^{\text{int}} = \sum_{j=1}^2 p_j SOP_{n_j}^{\text{int}}$$

여기서, $SOP_{n_j}^{\text{int}} = \Pr\left(\frac{1 + \gamma_{n_j}}{1 + \gamma_{f \rightarrow n_j}} < 2^{R_n}\right)$ 이다.

즉, $\theta_n = 2^{R_n}$, $\phi_j = P_s \alpha_{sn}^2 / \sigma_{n_j}^2$, $\beta_j = P_s \alpha_{sf}^2 / \sigma_{f_j}^2$, $X = h_{sn}^2$, $Y = h_{sf}^2$ 로 정의되면 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP $SOP_{n_j}^{\text{int}}$ 는 다음 식 11로 정리된다.

[0107] [식 11]

$$\begin{aligned} SOP_{n_j}^{\text{int}} &= \Pr \left(\frac{1 + a_n \phi_j X}{1 + a_n \beta_j Y} < \theta_n \right), \\ &= \Pr \left(X < \frac{\theta_n a_n \beta_j Y + \theta_n - 1}{a_n \phi_j} \right) \end{aligned}$$

[0108]

[0109] 여기서, 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP $SOP_{n_j}^{\text{int}}$ 를 도출하기 위해 로그 정규 랜덤 변수 RVs PDF를 이용하여 정리하면 다음 식 12으로 나타낼 수 있다.

[0110] [식 12]

$$\begin{aligned} SOP_{n_j}^{\text{int}} &= \int_0^\infty \frac{\xi}{y \sqrt{2\pi\sigma_Y}} \exp \left[-\frac{(\xi \ln(y) - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2} \right] \\ &\times \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\Omega_{X_j}(y) - \rho \Omega_{Y_j}(y)}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \right] dy \end{aligned}$$

[0111]

$$\Omega_{X_j}(y) = \frac{\xi \ln(\theta_n a_n \beta_j y + \theta_n - 1) - \xi \ln(a_n \phi_j) - \mu_X}{\sqrt{2}\sigma_X},$$

$$\Omega_{Y_j}(y) = \frac{\xi \ln(y) - \mu_Y}{\sqrt{2}\sigma_Y},$$

[0112] 여기서,

및 $\xi = 10/\ln(10)$ 이다.

[0113] 그리고 오차 함수는 $\operatorname{erf}(x) = (2/\sqrt{\pi}) \int_0^x \exp(-t^2) dt$ 이고, 사용자 노드 N, F (210)(220)의 각 로그 정규 변수 RXs X 및 Y는 $X \sim \ln \mathcal{N}(2\mu_{h_{sn}}, 4\sigma_{h_{sn}}^2)$ 및 $Y \sim \ln \mathcal{N}(2\mu_{h_{sf}}, 4\sigma_{h_{sf}}^2)$ 로 각각 확률 밀도 분포(PDF)로 나타낼 수 있다.

[0114] 소스 노드 S(100)는 식 13의 SOP를 완전한 닫힘 형식으로 나타내기 위해 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 적용하여 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP를 근사화할 수 있다.

[0115] 즉, Gauss-Chebyshev quadrature 체계를 이용하여 식 13의 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP를 근사화 닫힘 형태로 나타낼 수 있으며, 근사화 닫힘 형태의 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP는 다음 식 13로 나타낼 수 있다.

[0116] [식 13]

$$SOP_n^{\text{int}} = \sum_{j=1}^2 p_j SOP_{n_j}^{\text{int}}$$

[0117]

$$SOP_{n_j}^{\text{int}} = \sum_{k=1}^K \frac{\xi \pi \vartheta \sqrt{1 - v_k^2} \sec^2(\eta_k)}{8 \varphi_k \sqrt{2\pi\sigma_Y}} \times \exp \left[-\frac{(\xi \ln(\varphi_k) - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2} \right] \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\Omega_{X_j} - \rho \Omega_{Y_j}}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \right],$$

[0118] 여기서,

$$\Omega_{X_j}(\varphi_k) = \frac{\xi \ln(\theta_n a_n \beta_j \varphi_k + \theta_n - 1) - \xi \ln(a_n \phi_j) - \mu_X}{\sqrt{2}\sigma_X}, \quad \Omega_{Y_j}(\varphi_k) = \frac{\xi \ln(\varphi_k) - \mu_Y}{\sqrt{2}\sigma_Y} \quad \vartheta = \frac{\pi}{K}$$

$v_k = \cos \left(\frac{(2k-1)\pi}{2K} \right)$ $\eta_k = \frac{\pi}{4}(v_k + 1)$ $\varphi_k = \tan(\eta_k)$ 이다. K 는 Gauss-Chebyshev quadrature 체계의 복잡도 상쇄 매개변수(complexity-tradeoff parameter)이다.

[0119] 한편, 제2 SOP 도출부(440)는 외부 도청 노드 E(300)에 대해 근거리 사용자 노드 N(210) 및 원거리 사용자 노드 F(220)의 근사화된 닫힘 형식의 SOP를 유도할 수 있다. 즉, 사용자 노드 N(210) 및 사용자 노드 F(220)의 보안율은 각각 다음 식 14 및 식 15와 같이 정의된다.

[0120] [식 14]

$$C_n^{\text{ext}} = [\log_2(1 + \gamma_n) - \log_2(1 + \gamma_{e \rightarrow n})]^+$$

[0121]

[0122] [식 15]

[0123] $C_f^{\text{ext}} = [\log_2(1 + \gamma_f) - \log_2(1 + \gamma_{e \rightarrow f})]^+$

[0124] 그리고, 외부 도청 노드 E(300)에 대해 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP는 다음 식 16 및 식 17로 나타낼 수 있다.

[0125] [식 16]

[0126]
$$SOP_n^{\text{ext}} = \sum_{j=1}^2 p_j SOP_{n_j}^{\text{ext}}$$

[0127] [식 17]

[0128]
$$\begin{aligned} SOP_{n_j}^{\text{ext}} &= \Pr \left(\frac{1 + \gamma_{n_j}}{1 + \gamma_{e \rightarrow n_j}} < 2^{R_n} \right), \\ &= \Pr \left(\frac{1 + a_n \phi_j X}{1 + a_n \varrho_j Z} < \theta_n \right), \\ &= \Pr \left(X < \frac{\theta_n a_n \varrho_j Z + \theta_n - 1}{a_n \phi_j} \right) \end{aligned}$$

[0129] 여기서, $\theta_n = 2^{R_n}$, $\phi_j = P_s \alpha_{sn}^2 / \sigma_{n_j}^2$, $\varrho_j = P_s \alpha_{se}^2 / \sigma_{e_j}^2$, $X = h_{sn}^2$ 및 $Z = h_{se}^2$ 이다.

[0130] 그리고, 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드 N(210)의 SOP는 다음 식 18 내지 식 20로 나타낼 수 있다.

[0131] [식 18]

[0132]
$$SOP_n^{\text{ext}} = \sum_{j=1}^2 p_j SOP_{n_j}^{\text{ext}}$$

[0133] [식 19]

[0134]
$$SOP_{n_j}^{\text{ext}} = \sum_{k=1}^K \frac{\xi \pi \vartheta \sqrt{1 - v_k^2} \sec^2(\eta_k)}{8 \varphi_k \sqrt{2\pi} \sigma_Z} \times \exp \left[-\frac{(\xi \ln(\varphi_k) - \mu_Z)^2}{2\sigma_Z^2} \right] \left[1 + \text{erf} \left(\frac{\Omega_{X_j} - \rho \Omega_{Z_j}}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \right]$$

[0135] [식 20]

[0136]
$$\begin{aligned} \Omega_{X_j}(\varphi_k) &= \frac{\xi \ln(\theta_n a_n \varrho_j \varphi_k + \theta_n - 1) - \xi \ln(a_n \phi_j) - \mu_X}{\sqrt{2} \sigma_X}, \\ \Omega_{Z_j}(\varphi_k) &= \frac{\xi \ln(\varphi_k) - \mu_Z}{\sqrt{2} \sigma_Z}, \end{aligned}$$

[0137] 여기서, $\vartheta = \frac{\pi}{K}$, $v_k = \cos \left(\frac{(2k-1)\pi}{2K} \right)$, $\eta_k = \frac{\pi}{4}(v_k + 1)$, $\varphi_k = \tan(\eta_k)$ 이다.

[0138] 그리고, 로그 정규 랜덤 변수 RVs X 및 Z 각각은 $X \sim \ln \mathcal{N}(2\mu_{h_{sn}}, 4\sigma_{h_{sn}}^2)$, $Z \sim \ln \mathcal{N}(2\mu_{h_{se}}, 4\sigma_{h_{se}}^2)$ 의 확률 밀도 분포로 나타낼 수 있다.

[0139] 한편, 외부 도청에 대한 사용자 노드 F(220)의 SOP는 타겟 보안을 R_f 에 대해 다음 식 21 및 식 22으로 추정된다.

[0140] [식 21]

[0141]
$$SOP_f^{\text{ext}} = \sum_{j=1}^2 p_j SOP_{f_j}^{\text{ext}}$$

[0142] [식 22]

$$\begin{aligned} SOP_{f_j}^{\text{ext}} &= \Pr \left(\frac{1 + \gamma_{f_j}}{1 + \gamma_{e \rightarrow f_j}} < 2^{R_f} \right), \\ &= \Pr \left(Y < \frac{\lambda_j Z + (\theta_f - 1)}{\beta_j [a_f - a_n(\theta_f - 1) - \varpi_j Z]} \right) \end{aligned}$$

[0143]

[0144] 여기서, $\theta_f = 2^{R_f}$, $\beta_j = P_s \alpha_{sf}^2 / \sigma_{f_j}^2$, $\varrho_j = P_s \alpha_{se}^2 / \sigma_{e_j}^2$, $\lambda = (\theta_f - 1)a_n \varrho_j + \theta_f a_f \varrho_j$, $\varpi_j = a_n \varrho_j (a_f + a_n)(\theta_f - 1)$, $Y = h_{sf}^2$, 및 $Z = h_{se}^2$ 이다.

[0145] 그리고 제2 SOP 도출부(440)은 외부 도청에 대한 원거리 사용자 노드 F(220)의 SOP를 로그 정규 랜덤 변수의 PDF를 적용하여 근사화된 닫힘 형식의 SOP를 도출할 수 있고, 원거리 사용자 노드 F(220)의 근사화된 닫힘 형식의 SOP는 다음 식 23 및 식 24로 각각 나타낼 수 있다.

[0146] [식 23]

$$\begin{aligned} SOP_{f_j}^{\text{ext}} &= 1 - \int_0^{\Psi_j} \frac{\xi}{z \sqrt{2\pi\sigma_Z}} \exp \left[-\frac{(\xi \ln(z) - \mu_Z)^2}{2\sigma_Z^2} \right] \\ &\times \left[1 - \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\Omega_{Y_j}(z) - \rho \Omega_{Z_j}(z)}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \right] \right] dz, \end{aligned}$$

[0147]

[0148] [식 24]

$$\begin{aligned} \Omega_{Y_j}(z) &= \frac{\xi \ln \left(\frac{\lambda_j z + (\theta_f - 1)}{\beta_j [a_f - a_n(\theta_f - 1) - \varpi_j z]} \right) - \mu_Y}{\sqrt{2\sigma_Y}}, \\ \Omega_{Z_j}(z) &= \frac{\xi \ln(z) - \mu_Z}{\sqrt{2\sigma_Z}}, \\ \Psi_j &= \frac{a_f - a_n(\theta_f - 1)}{a_n \varrho_j [(a_f + a_n)(\theta_f - 1)]} \end{aligned}$$

[0149]

[0150] 그리고, 식 23의 적분항을 근사화하기 위해 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 적용하면 외부 도청에 대해 원거리 사용자 노드 F(220)의 근사화된 닫힘 형식의 SOP는 식 25 내지 식 27로 유도된다.

[0151] [식 24]

$$SOP_f^{\text{ext}} = \sum_{j=1}^2 p_j SOP_{f_j}^{\text{ext}}$$

[0152]

[0153] [식 26]

$$\begin{aligned} SOP_{f_j}^{\text{ext}} &= 1 - \sum_{k=1}^K \frac{\xi \Psi \vartheta \sqrt{1 - v_k^2}}{2\varphi_k \sqrt{2\pi\sigma_Z}} \exp \left[-\frac{(\xi \ln(\varphi_k) - \mu_Z)^2}{2\sigma_Z^2} \right] \\ &\times \left[1 - \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\Omega_{Y_j} - \rho \Omega_{Z_j}}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right) \right] \right], \end{aligned}$$

[0154]

[0155] [식 27]

$$\begin{aligned} \Omega_{Y_j}(z) &= \frac{\xi \ln \left(\frac{\lambda_j \varphi_k + (\theta_f - 1)}{\beta_j [a_f - a_n(\theta_f - 1) - \varpi_j \varphi_k]} \right) - \mu_Y}{\sqrt{2\sigma_Y}}, \\ \Omega_{Z_j}(z) &= \frac{\xi \ln(\varphi_k) - \mu_Z}{\sqrt{2\sigma_Z}}, \\ \vartheta &= \frac{\pi}{K} \quad v_k = \cos \left(\frac{(2k-1)\pi}{2K} \right) \quad \varphi_k = \frac{\Psi}{2} (v_k + 1). \end{aligned}$$

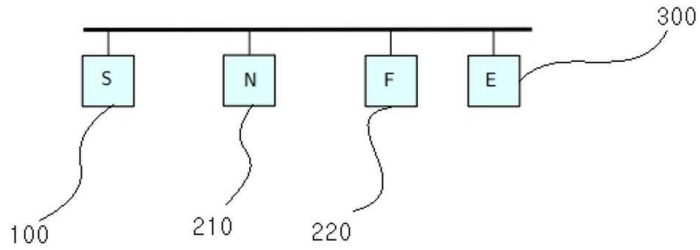
[0156]

- [0157] 그리고 외부 도청에 대해 사용자 노드 N, F의 SOP에 의해 전력선 통신 시스템의 SOP는 다음 식 28로 도출된다.
- [0158] [식 28]
- [0159]
$$SOP_{sys}^{ext} = 1 - (1 - SOP_n^{ext})(1 - SOP_f^{ext})$$
- [0160] 따라서 일 실시예에 따르면 소스 노드와 다수의 사용자 노드들 간의 SNR과 사용자 노드들과 외부 도청 노드 간의 SNR에 대한 로그 정규 랜덤 변수의 PDF를 토대로 사용자 노드들의 내부 도청과 외부 도청 노드 및 사용자 노드들 간의 외부 도청이 반영된 각 소스 노드, 사용자 노드들 및 외부 도청 노드의 SOP를 도출하고 도출된 각 노드 별 SOP 각각에 대해 Gauss-Chebyshev quadrature 기법을 이용하여 근사화된 닫힌 형식의 SOP를 도출함에 따라 각 노드의 근사화된 닫힌 형식의 SOP를 고려하여 보안율이 최대화되도록 전력을 할당할 수 있다. 이에 협력 다중 접속 기반으로 전력선 통신 시스템의 보안성이 더욱 견고하다.
- [0161] 도 3은 일 실시예의 NOMA PLC 시스템의 임펄스 잡음에 대한 SNR 및 SOP를 보인 그래프로서, 도 3을 참조하면, 독립 PLC 계수(즉, $\rho=0$) 및 임펄스 잡음 매개 변수 p 에 대해, 근거리 사용자 노드의 SOP 성능은 내부 및 외부 도청 하에 존재하므로 보안용량이 높은 SNR 영역에서 오류 플로어에 도달되고, 원거리 사용자 노드의 SOP 성능은 중간 SNR 영역에서 최고에 도달됨을 확인할 수 있다. 또한 원거리 사용자 노드 SOP는 낮은 SNR에서 향상되나 근거리 사용자 노드의 간섭으로 인해 높은 SNR 영역에서 악화됨을 알 수 있고, 시스템 SOP 성능 역시 악화됨을 확인할 수 있으며, 높은 임펄스 잡음에 대해 SOP 성능은 저하됨을 알 수 있다.
- [0162] 도 4는 일 실시예의 NOMA PLC 시스템에서 임펄스 잡음 $p=0.001$ 에 대해 상관된 PLC 채널에 대한 SOP 성능을 보인 그래프로서, 채널 상관도가 증가할수록 보안율이 증가되므로 SOP 성능이 향상됨을 알 수 있고, 따라서 일 실시예는 채널 상관도를 토대로 SOP 성능을 향상시킬 수 있고, 이에 보안성이 견고한 통신을 달성할 수 있다.
- [0163] 도 5는 SNR=10dB, 상관 채널 계수 $\rho = 0.3$, 및 임펄스 잡음 $p=0.1$ 인 NOMA PLC 시스템에서 근거리 사용자 노드의 전력 할당에 대한 SOP 성능을 보인 그래프로서, 도 5를 참조하면, 원거리 사용자 노드의 SOP 성능은 최대 전력으로 전송될 때 최소화되며, 근거리 사용자 노드의 SOP 성능은 많은 전력이 할당될수록 감소됨을 확인할 수 있다. 또한 외부 도청 노드에 대한 시스템 SOP 성능은 근거리 사용자 노드의 할당된 전력이 0.05 일 때 최소화됨을 알 수 있다.
- [0164] 도 6은 도 2에 도시된 보안 장치의 동작 과정을 보인 전체 흐름도로서, 도 6을 참조하여 다른 실시예에 따른 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템의 보안 과정을 설명한다.
- [0165] 우선, 단계(S11)에서, 일 실시예의 보안 장치(400)의 모델링부(410)는, 상관 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 기반으로 각 노드 간의 PLC 채널을 모델링하고 Bernoulli Gaussian 프로세스에 의해 잡음에 대한 모델링을 수행한다.
- [0166] 그리고 단계(S12)에서, 일 실시예의 보안 장치(400)의 SNR 도출부(420)는 수행된 PLC 채널 및 잡음에 대한 모델링을 통해 근거리 사용자 노드 및 원거리 사용자 노드, 및 외부 도청 노드의 상기 모델링된 PLC 채널 및 잡음을 토대로 각 사용자 노드의 신호대 잡음비 SNR 및 원거리 사용자 노드 및 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 도출한다.
- [0167] 단계(S13)에서 일 실시예의 보안 장치(400)의 제1 SOP 도출부(430)는 근거리 사용자 노드의 SNR 및 원거리 사용자 노드에 대한 근거리 사용자 노드 간의 신호대 간섭 잡음비 SINR를 토대로 보안율을 도출하고 도출된 보안율과 타겟 보안율을 토대로 내부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출한다.
- [0168] 한편, 단계(S14)에서 일 실시예의 보안 장치(400)의 제2 SOP 도출부(440)는 각 근거리 사용자 노드 SNR과, 원거리 사용자 노드 SNR 및 외부 도청 노드 간의 SNR을 토대로 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP를 도출하고, 도출된 외부 도청에 대한 근거리 사용자 노드의 SOP에 대해 로그 정규 랜덤 변수의 PDF 및 구적 기법을 통해 외부 도청에 대한 근사화된 닫힌 형태의 SOP를 도출한다.
- [0169] 그리고, 단계(S15)에서, 일 실시예의 보안 장치(400)의 시스템 SOP 도출부(450)는 외부 도청에 대한 SOP를 토대로 시스템 SOP를 도출하고 도출된 시스템 SOP를 토대로 보안율이 최대가 되도록 전력을 할당한다.
- [0170] 이에 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템에 내부 도청 및 외부 도청에 대해 각 사용자 노드들 간의 SOP와 각 사용자 노드 및 외부 도청 노드 간의 SOP를 고려하여 보안율을 최대화하는 전력을 할당할 수 있고, 이에 보안성이 견고한 협력 다중 접속 기반의 전력선 통신 시스템을 제공할 수 있다.
- [0171] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하

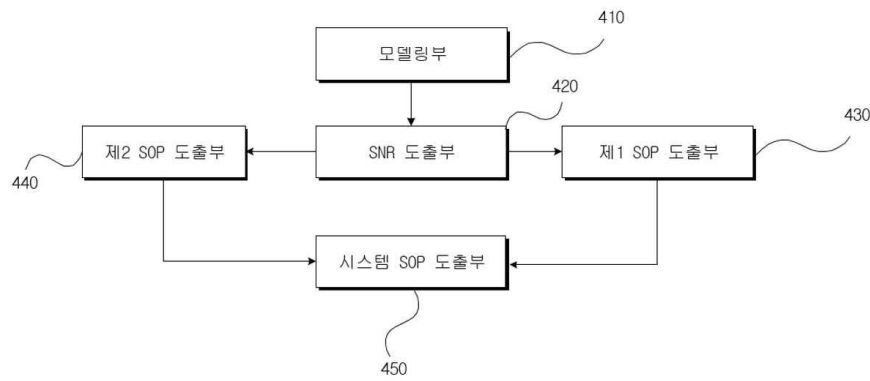
는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

도면

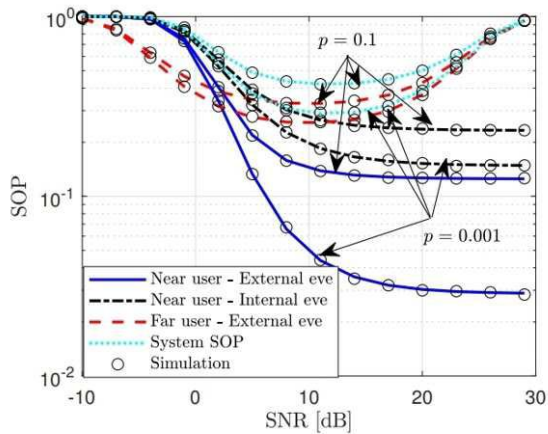
도면1



도면2

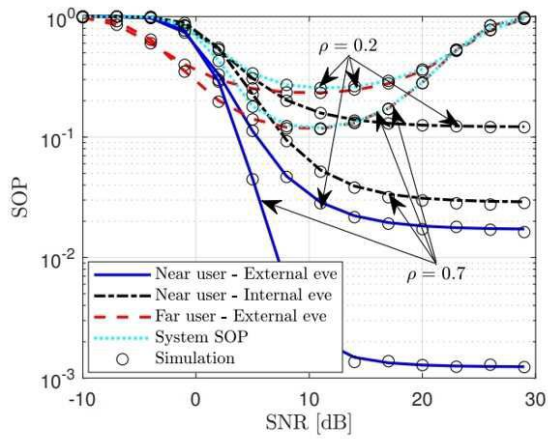


도면3



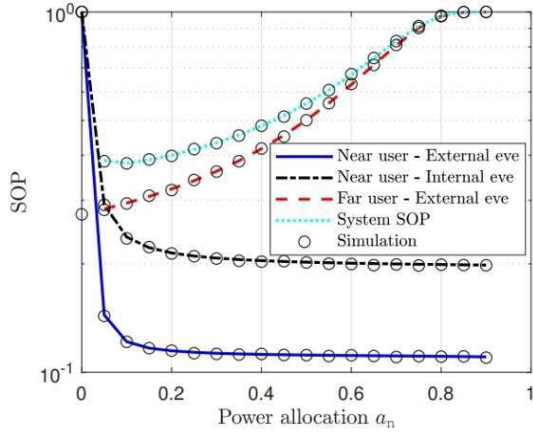
SOP versus SNR for different impulsive noise levels ($\mu_{h_m} = 3\text{dB}$, $\sigma_{h_m}^2 = 2\text{dB}$, $R_f = R_n = 0.1\text{bps/Hz}$, and $\rho = 0$)

도면4



SOP versus SNR for different channel correlation levels ($\mu_{h_m} = 3\text{dB}$, $\sigma_{h_m}^2 = 2\text{dB}$, $R_f = R_n = 0.1\text{bps/Hz}$, and $p = 0.001$)

도면5



SOP versus power allocation ($\mu_{h_m} = 3\text{dB}$, $\sigma_{h_m}^2 = 2\text{dB}$, $R_f = R_n = 0.1\text{bps/Hz}$, $\rho = 0.3$, and $p = 0.1$)

도면6

