



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월09일
(11) 등록번호 10-2475217
(24) 등록일자 2022년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 3/54 (2006.01) H04B 3/36 (2006.01)
H04B 3/46 (2015.01) H04B 3/58 (2006.01)
H04J 99/00 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04B 3/54 (2013.01)
H04B 3/36 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2021-0096418
(22) 출원일자 2021년07월22일
심사청구일자 2021년07월22일
(65) 공개번호 10-2022-0013336
(43) 공개일자 2022년02월04일
(30) 우선권주장
1020200092488 2020년07월24일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
W02013073720 A1
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 5 항

(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

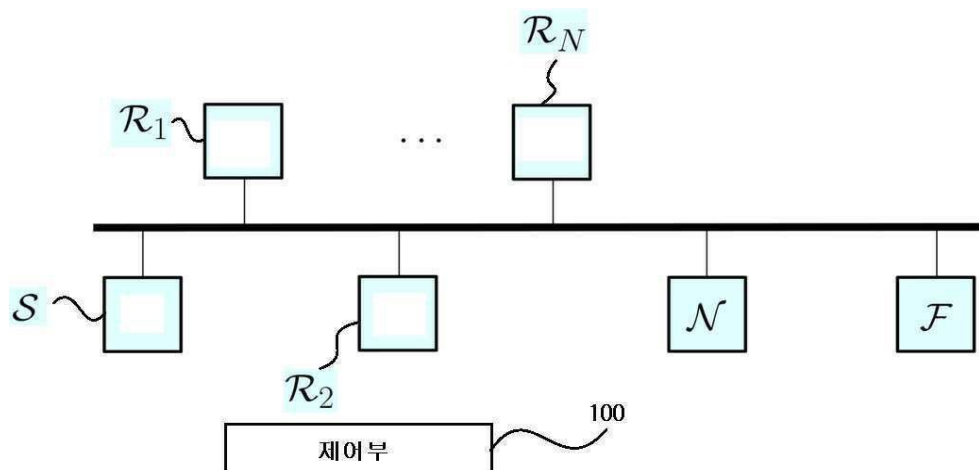
심사관 : 박재희

(54) 발명의 명칭 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 릴레이 선택 시스템 및 방법이 개시된다. 구체적인 구현 예에 따르면 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇄, 및 백색 잡음으로 도출된 DF 모드로 동작하는 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 속도가 서비스 품질 기반으로 설정된 목표 속도보다 낮을 확률(OP)을 도출하고 도출된 확률(OP)에 대한 최대화 해로 최적 릴레이 노드를 선택함에 따라, 전력선 통신망의 관점에서 EMC 규정을 충족하는 높은 데이터 전송률, 높은 스펙트럼 효율성, 더 나은 공정성 및 낮은 전송 전력을 보장할 수 있고, 릴레이 노드 협력 다중 접속되어 높은 스펙트럼 효율로 작동할 수 있으며 신호 감쇄 및 잡음에 견고하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04B 3/46 (2013.01)
H04B 3/58 (2020.08)
H04J 99/00 (2022.08)
H04B 2203/5479 (2013.01)
H04B 2203/5495 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130032951 A
KR1020160140263 A
Babak Nikfar, Relay Selection in Cooperative Power Line Communication: A Multi-Armed Bandit Approach, JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS(2017.2.3.)*
DAN DENG, Joint User and Relay Selection for Cooperative NOMA Networks, IEEE Access(2017.9.12.)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017032300
과제번호	R17XA05-71
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국전력공사전력연구원
연구사업명	전력연구원 기초연구
연구과제명	스마트그리드를 위해 신뢰성 및 보안성이 강화된 다중릴레이 다중사용자 다중입출력 전력선통신 기술의 연구 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교 산학협력단
연구기간	2017.05.01 ~ 2020.04.30
공지예외적용 : 있음	

명세서

청구범위

청구항 1

소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망에서,

중첩 코딩으로 서로 다른 전력량을 사용하여 사용자 데이터를 멀티플렉싱하여 중첩된 데이터를 전송하는 소스 노드;

상기 소스 노드의 전송 신호를 전달받아 DF모드를 수행하여 수신된 신호를 해독 후, 중첩된 신호를 재구성하여 대상 목적지 로드로 전송하는 릴레이 노드;

상기 사용자 데이터를 복구하는 목적지 노드; 및

협력 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal multiple access)된 릴레이 노드의 데이터 전송 속도가 목표 속도보다 낮을 확률을 토대로 적어도 하나의 릴레이 노드 중 최적 릴레이 노드를 선택하고, 선택된 최적 릴레이 노드를 통해 증폭된 소스 노드의 전송 신호를 목적지 노드로 전달하는 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇄, 및 백색 잡음으로 도출된 수신 신호에 대해,

달성 가능한 데이터 속도가 서비스 품질 기반으로 설정된 목표 속도보다 낮을 확률 OP(Outage Probability)를 도출하는 도출수단 및

상기 확률(OP)에 대한 최대화 해로 DF 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택하도록 하는 선택수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제어부는 각 소스 노드와 릴레이 노드에서의 통신신호에 대한 신호대 잡음비와 각 사용자의 목표 데이터 전송률을 이용하고, 이를 최소화 연산자를 적용하여 목적지 노드와 협력 다중 접속된 릴레이 노드 간의 정전 확률(OP)을 도출하는 것을 특징으로 하는 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어부는 중첩된 전송 신호를 기 정해진 증폭 계수에 의거 증폭한 다음 두번째 슬롯에서 증폭 전송 신호를 목적지 노드 N, F로 전달하기 위해 최적의 릴레이 노드를 선택하며,

상기 목적지 노드 N, F는 데이터를 복구하고 원하는 데이터를 감지하기 위해 연속 간섭 무효화(SIC)를 사용하여 원하는 데이터를 복구하는 것을 특징으로 하는 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템.

청구항 5

전력선 소스노드S, 릴레이 노드R1 ~ RN, 목적지 노드 N, F 및 제어부를 포함하는 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템을 이용한 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 방법에 있어서,

(a)소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망의 제어부에서 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇄, 및 백색 잡음으로 도출된 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 전송 속도가 서비스 품질 기반의 목표 속도보다 낮을 확률(OP)을 도출하는 단계; 및

(b)상기 제어부가 목적지 노드N,F와 협력 다중 접속된 릴레이 노드R1 ~ RN간의 확률(OP)에 대한 최대화 해로 전력선 소스노드S의 전송신호와 중첩된 전송신호를 해독하고 다시 인코딩된 신호를 포함하는 데이터를 목적지 노드N,F로 전달하기 위한 DF 모드의 최적 릴레이 노드를 선택하는 단계를 포함하며,

상기 (b) 단계 이후, 상기 제어부가 선택된 최적 릴레이 노드로 데이터를 전달하되,

상기 최적 릴레이 노드에 해당하는 목적지 노드N,F는 데이터를 복구하고 원하는 데이터를 감지하기 위해 연속 간섭 무효화(SIC)를 사용하여 원하는 데이터를 복구하는 것을 특징으로 하는 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전력선 통신망에서 전력 도메인의 협력적으로 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal multiple access)된 다수의 릴레이 노드 중 단편 형태 OP(Outage Probability) 성능 추정에 근거하여 디코딩 포워드(DF: Decoding-Forward) 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택할 수 있는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력선 통신(PLC: Power-line Communication) 시스템은 스마트 그리드 및 IoT(Internet-of-things)은 단일 전력선(SISO)에서 다중 전력선(MIMO) 시스템으로 성장하였다. 또한, PLC 시스템은 시스템 성능을 향상시키기 위한 협력적 통신에서도 구현될 수 있다.

[0003] 그러나, PLC 시스템은 전송 채널의 불량으로 인해 현재 데이터 전송 속도가 낮다. 즉, PLC 데이터 전송 채널은 임펄스 노이즈, 임피던스 불일치(이 때문에 전송 신호 출력이 감소하고, 다중 경로 페이딩을 야기한다.), 주파수 선택적 다중 경로 페이딩, 전자기 호환성(EMC) 요구사항, 고주파수 및 거리 신호 감쇠의 존재로 인해 저하된다.

[0004] 여기서, 임피던스의 불일치는 다중 경로 페이딩과 전원 케이블의 신호 전력 전송 손실을 야기하여 PLC 망의 신뢰도가 저하된다. 이에 다른 주파수 사용자(예: 무선 시스템)에 대한 전자기 간섭(EMI)을 최소화하고 전자기 호환성(EMC) 규정을 충족하기 위해 PLC 네트워크의 전송 능력이 제한된다.

[0005] 그러나 전송 전력이 낮으면 PLC 망의 목적지 노드에서 신호 대 잡음비(SNR)가 낮아지고 이에 PLC 채널, 노이즈 및 신호 전파와 관련된 병목현상은 전력선 통신 시스템의 강력한 성능을 위해 개선될 필요가 있다.

[0006] 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, 전력선 소스 노드 S는 사용자 데이터가 전력 레벨이 다르게 멀티플렉싱되는 위치 코딩(SC)을 사용하고, 목적지 노드는 전력선 소스 노드 S의 전송 신호의 전력 차이를 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.

[0007] 이에 본 출원인은 적어도 하나의 릴레이 노드가 협력 다중 접속(NOMA)된 전력선 통신 시스템에서 신호대 잡음비가 최소인 DF 모드의 최적 릴레이 노드를 선택함에 따라, 높은 데이터 전송률, 높은 스펙트럼 효율성, 더 나은 공정성 및 낮은 전송 전력을 보장할 수 있고, 높은 스펙트럼 효율로 작동할 수 있으며, 신호 감쇠 및 잡음에 견고한 방안을 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제1287291호(2013.07.11.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 적어도 하나의 릴레이 노드가 협력 다중 접속(NOMA)된 전력선 통신 시스템에서 신호대 잡음비가 최소인 DF 모드의 최적 릴레이 노드를 선택함에 따라, 높은 데이터 전송률, 높은 스펙트럼 효율성, 더 나은 공정성 및 낮은 전송 전력을 보장할 수 있고, 높은 스펙트럼 효율로 작동할 수 있으며, 신호 감쇠 및 잡음에 견고한 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 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 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템은 소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망에서, 협력 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal multiple access)된 릴레이 노드의 데이터 전송 속도가 목표 속도보다 낮을 확률을 토대로 적어도 하나의 릴레이 노드 중 최적 릴레이 노드를 선택하고 선택된 최적 릴레이 노드를 통해 증폭된 전력선 소스 노드의 전송 신호를 목적지 노드로 전달하는 제어부를 포함하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 바람직하게 소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망에서, 중첩 코딩으로 서로 다른 전력량을 사용하여 사용자 데이터를 멀티플렉싱하여 중첩된 데이터를 전송하는 소스 노드; 상기 소스 노드의 전송 신호를 전달받아 DF모드를 수행하여 수신된 신호를 해독 후, 중첩된 신호를 재구성하여 대상 목적지 로드로 전송하는 릴레이 노드; 상기 사용자 데이터를 복구하는 목적지 노드; 및 협력 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal multiple access)된 릴레이 노드의 데이터 전송 속도가 목표 속도보다 낮을 확률을 토대로 적어도 하나의 릴레이 노드 중 최적 릴레이 노드를 선택하고, 선택된 최적 릴레이 노드를 통해 증폭된 소스 노드의 전송 신호를 목적지 노드로 전달하는 제어부;를 포함한다.

[0013] 바람직하게 상기 제어부는 상기 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇠, 및 백색 잡음으로 도출된 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 속도가 서비스 품질 기반으로 설정된 목표 속도보다 낮을 확률 OP(Outage Probability)를 도출하는 도출수단 및 상기 확률(OP)에 대한 최대화 해로 DF 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택하도록 하는 선택수단을 포함한다.

[0014] 제어부는 각 소스 노드와 릴레이 노드에서의 통신신호에 대한 신호대 잡음비와 각 사용자의 목표 데이터 전송률을 이용하고, 이를 최소화 연산자를 적용하여 목적지 노드와 협력 다중 접속된 릴레이 노드 간의 정전 확률(OP)을 도출한다.

[0015] 또한 제어부는 중첩된 전송 신호를 기 정해진 증폭 계수에 의거 증폭한 다음 두번째 슬롯에서 증폭 전송 신호를 목적지 노드 N, F로 전달하기 위해 최적의 릴레이 노드를 선택하며, 상기 목적지 노드 N, F는 데이터를 복구하고 원하는 데이터를 감지하기 위해 연속 간섭 무효화(SIC)를 사용하여 원하는 데이터를 복구한다.

[0016] 다른 실시 양태에 의거, 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 릴레이 선택 방법은 소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망의 제어부에서 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇠, 및 백색 잡음으로 도출된 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 전송 속도가 서비스 품질 기반의 목표 속도보다 낮을 확률(OP)을 도출하는 단계; 및 상기 확률(OP)에 대한 최대화 해로 DF 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택하는 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 일 실시예에 따르면, 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇠, 및 백색 잡음으

로 도출된 DF 모드로 동작하는 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 속도가 서비스 품질 기반으로 설정된 목표 속도보다 낮을 확률(OP)을 도출하고 도출된 확률(OP)에 대한 최대화 해로 최적 릴레이 노드를 선택함에 따라, 전력선 통신망의 관점에서 EMC 규정을 충족하는 높은 데이터 전송률, 높은 스펙트럼 효율성, 더 나은 공정성 및 낮은 전송 전력을 보장할 수 있고, 릴레이 노드 협력 다중 접속되어 높은 스펙트럼 효율로 작동할 수 있으며 신호 감쇠 및 잡음에 견고하다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 일 실시예가 적용되는 전력선 통신 시스템의 구성을 보인 도이다.

도 2 및 도 3은 일 실시예의 시스템의 각 목적지 노드 별 OP 비교도이다.

도 4는 일 실시예에 의거 시스템의 데이터 속도를 보인 비교도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한, 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 한편, 본 발명에서 제1 및/또는 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소들과 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0021] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 설명을 생략하였다.

[0022] 일 실시예에서 적어도 하나의 릴레이 노드는 증폭 및 전달(AF) 또는 디코딩 및 전달(DF) 모드로 배치할 수 있다. AF 릴레이 노드는 소스 메시지의 증폭된 신호를 대상 노드로 전송한다. 반대로, DF 릴레이 노드는 소스 메시지를 해독하고 다시 인코딩된 신호를 대상 노드로 전달한다. 디코딩으로 인해 DF 릴레이 노드는 낮은 신호 대 잡음 비율(SNR)의 AF 릴레이 노드 보다 향상된다. 이에 일 실시 예에 적용되는 적어도 하나의 릴레이 노드는 DF 모드로 동작되는 것을 일 예로 설명한다.

[0023] 본 발명의 일실시예에 따른 협력 다중 접속된 전력선 통신망의 DF 모드의 릴레이 선택 시스템은 소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망에서, 중첩 코딩으로 서로 다른 전력량을 사용하여 사용자 데이터를 멀티플렉싱하여 중첩된 데이터를 전송하는 소스 노드; 상기 소스 노드의 전송 신호를 전달받아 DF모드를 수행하여 수신된 신호를 해독 후, 중첩된 신호를 재구성하여 대상 목적지 노드로 전송하는 릴레이 노드; 상기 사용자 데이터를 복구하는 목적지 노드; 및 협력 다중 접속(NOMA: Non-Orthogonal multiple access)된 릴레이 노드의 데이터 전송 속도가 목표 속도보다 낮을 확률을 토대로 적어도 하나의 릴레이 노드 중 최적 릴레이 노드를 선택하고, 선택된 최적 릴레이 노드를 통해 증폭된 소스 노드의 전송 신호를 목적지 노드로 전달하는 제어부;를 포함한다.

[0024] 이러한 제어부는 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇠, 및 백색 잡음으로 도출된 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 속도가 서비스 품질 기반으로 설정된 목표 속도보다 낮을 확률 OP(Outage Probability)를 도출하는 도출수단 및 상기 확률(OP)에 대한 최대화 해로 DF 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택하도록 하는 선택수단을 포함한다.

[0025] 이러한 제어부는 제어부는 각 소스 노드와 릴레이 노드에서의 통신신호에 대한 신호대 잡음비와 각 사용자의 목표 데이터 전송률을 이용하고, 이를 최소화 연산자를 적용하여 목적지 노드와 협력 다중 접속된 릴레이 노드 간의 정전 확률(OP)을 도출한다.

[0026] 또한 제어부는 중첩된 전송 신호를 기 정해진 증폭 계수에 의거 증폭한 다음 두번째 슬롯에서 증폭 전송 신호를 목적지 노드 N, F로 전달하기 위해 최적의 릴레이 노드를 선택하며, 상기 목적지 노드 N, F는 데이터를 복구하고 원하는 데이터를 감지하기 위해 연속 간섭 무효화(SIC)를 사용하여 원하는 데이터를 복구한다.

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 일 실시 예의 전력선 통신망에서 협력 다중 접속에 기초한 DF 모드의 릴레이 선택 시스템에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0028] 도 1은 일 실시예가 적용되는 협력 다중 접속된 전력선 통신 시스템의 구성을 보인 도이고, 도 2 및 도 3은 도 1에 도시된 협력 다중 접속(DF NOMA)된 전력선 통신 시스템(이하 DF NOMA 통신 시스템으로 약칭함), 기존의 시분할 다중 접속(TDMA)된 전력선 통신 시스템(이하 TDMA 통신 시스템으로 약칭함), 및 기존의 협력 다중 접속된 전력선 통신 시스템(이하 Direct NOMA 통신 시스템) 각각에 대한 목적지 노드 별 OP 비교 그래프이고, 도 4는 도 1에 도시된 DF NOMA 통신 시스템, 기존의 TDMA 통신 시스템, 및 기존의 Direct NOMA 통신 시스템 각각에 대한 시스템의 처리 성능을 비교한 그래프이다.

[0029] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 일 실시 예에 따른 협력 다중 접속(NOMA)된 전력선 통신 시스템은 전력선 소스 노드 S, 및 적어도 하나의 릴레이 노드 $R_1 \sim R_N$, 및 적어도 하나의 목적지 노드 N, F를 포함할 수 있다.

[0030] 협력 다중 접속(NOMA)된 전력선 통신 시스템은 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.

[0031] 여기서, 전력선 소스 노드 S, 및 적어도 하나의 릴레이 노드 $R_1 \sim R_N$, 및 적어도 하나의 목적지 노드 N, F 간의 상호 통신하는 네트워크를 고려하면, 각 노드는 PLC 시스템으로 구성되고, 각 릴레이 노드 $R_1 \sim R_N$ 는 DF 모드에서 동작된다고 가정한다.

[0032] 그리고 전력선 소스 노드 S는 2개의 시간 슬롯으로 전송되는 NOMA 프로토콜을 적용하여 전송신호를 전달한다. 여기서 전력선 소스 노드 S는 중첩 코딩 시 서로 다른 전력량을 사용하여 두 목적지 노드 N, F를 멀티플렉싱한다. 즉, 첫번째 슬롯에서 생성된 중첩 코딩된 전송신호는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

[0033]
$$x_S = \sqrt{a_1 P_S} x_1 + \sqrt{a_2 P_S} x_2$$

[0034] 여기서, x_1 , x_2 , 그리고 P_S 는 각각 목적지 노드 F의 전송신호이고, 목적지 노드 N의 전송신호이며, 전체 전송 전력이다.

[0035] 그리고, 목적지 노드 F는 목적지 노드 N 보다 더 멀리 떨어져 있기 때문에 목적지 노드 F로 목적지 노드 N 보다 더 많은 전력이 할당된다. 이때 두 목적지 노드 N, F 각각의 전력 a_1 , a_2 에 대해 전력 분배는 $a_1 > a_2$ 와 $a_1 + a_2 = 1$ 를 만족한다.

[0036] 한편, 전력선 소스 노드 S는 불연속 및 연결된 부하에 의해 발생하는 불규칙적인 효과를 고려한 로그 정규 페이딩에 의해 모델링된다. 모든 PLC 채널 h에 대한 확률 밀도 함수(PDF), 누적분포함수(CDF), 보완누적분포함수(CCDF)는 각각 다음 식 1 내지 3으로 나타낼 수 있다.

[0037] [식 1]

[0038]
$$f_h(z) = \frac{\xi}{\sqrt{2\pi}\sigma_h z} \exp \left[-\frac{(\xi \ln(z) - \mu_h)^2}{2\sigma_h^2} \right], z > 0$$

[0039] [식 2]

[0040]
$$F_{h2}(z) = 1 - Q \left(\frac{\xi \ln(z) - 2\mu_h}{2\sigma_h} \right)$$

[0041] [식 3]

[0042]
$$\bar{F}_{h2}(z) = Q \left(\frac{\xi \ln(z) - 2\mu_h}{2\sigma_h} \right)$$

[0043] 여기서, μ_h 와 σ_h^2 는 평균과 $10 \log(h)$ 의 분산이고 $\xi = 10 / \ln(10)$ 은 스케일링 상수이며 $Q(\cdot)$ 은 가우시안 Q 함수이다.

[0044] 그리고, 릴레이 노드와 목적지 노드와 노드와 작동 주파수 사이의 거리에 있어 전력선 소스 노드의 전송신호에

대한 감쇄는 Zimmerman-Dostert 모델로부터 특정할 수 있고, 이러한 전력선 소스 노드의 전송신호의 감쇄는 다음 식 4로 표현될 수 있다.

[식 4]

$$\alpha = \exp(-(b_0 + b_1 f^k) d)$$

여기서, d , f , 그리고 k 는 각각 거리 (in m), 주파수 (in MHz), 그리고 감쇄계수의 지수이다. b_0 , 와 b_1 은 각각 실험 데이터에서 얻은 감쇄 상수들이다.

또한 전력선 소스 노드 S의 잡음은 비가우시안적이며, Bernouli-Gaussian 랜덤 프로세스를 사용하여 모델링되고, 주변 잡음과 임펄스 소음의 합이다. 모든 PLC 노드의 총 잡음은 다음 식 5로 추론될 수 있다.

[식 5]

$$\sigma_n^2 = (1 - p)\sigma_I^2 + p(\sigma_I^2 + \sigma_G^2)$$

여기서 p 는 임펄스 노이즈 확률이고 분산 σ_G^2 와 $\sigma_I^2 + \sigma_G^2$ 은 각각 주변 잡음의 전력과 주변 임펄스 잡음의 전력이다.

이러한 전력선 소스 노드 S의 전송 신호를 전달받은 각 릴레이 노드 $R_1 \sim R_N$ 는 소스 메시지를 해독하고 다시 인코딩된 신호를 대상 노드로 전달하는 DF 모드를 수행한다. 디코딩으로 인해 DF 릴레이 노드는 낮은 신호 대 잡음 비율(SNR)의 AF 릴레이 노드 보다 향상된다. 일례로, 릴레이 노드 $R_1 \sim R_N$ 는 중첩된 전송 신호를 소스 메시지를 해독하고 다시 인코딩된 신호를 생성하고, 다음 두번째 슬롯에서 전송 신호를 목적지 노드 N, F로 전달하기 위해 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇄, 및 백색 잡음으로 도출된 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 전송 속도가 서비스 품질 기반의 목표 속도보다 낮을 확률(OP)를 도출하고, 상기 확률(OP)에 대한 최대화 해로 DF 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택하는 제어부(100)를 포함한다.

이하 제어부(100)에서 수행되는 최적 릴레이 노드 선택 과정에 대해 설명한다.

전력선 소스 노드 S가 고정된 데이터 전송 속도로 QoS(서비스 품질) 행렬을 전송할 때 통신 시스템의 달성 가능한 데이터 속도가 QoS 기반 목표 속도보다 낮을 확률인 OP(Outage probability)를 도출한다. OP를 이용하여 전력선 통신 시스템의 성능이 결정된다. 일례로 전력선 통신 시스템의 가동 중단 상태일 때는 신뢰할 수 있는 통신이 보장되지 아니한다. 즉, OP는 로그 정규 분포의 특성을 이용하여 닫힌 형태의 추정에 근거하여 획득된다. 획득된 OP에 대한 최대화 해로 최적의 릴레이 노드가 선택된다.

즉, 닫힌 상태라 함은 목적지 노드와 협력 다중 접속된 릴레이 노드 간의 정전 확률(OP)는 각각 다음 식 6 및 식 7과 같이 닫힌 형태로 나타낼 수 있다.

[식 6]

$$P_{out,N} = 1 - Q\left(\frac{\xi \ln(\Phi) - 2\mu_{SR}}{2\sigma_{SR}}\right) Q\left(\frac{\xi \ln(\Xi) - 2\mu_{RN}}{2\sigma_{RN}}\right)$$

[식 7]

$$P_{out,F} = 1 - Q\left(\frac{\xi \ln\left[\frac{\psi_1}{\rho_S \alpha_{SR}^2(a_1 - \psi_1 a_2)}\right] - 2\mu_{SR}}{2\sigma_{SR}}\right) Q\left(\frac{\xi \ln\left[\frac{\psi_1}{\rho_R \alpha_{RF}^2(a_1 - \psi_1 a_2)}\right] - 2\mu_{RF}}{2\sigma_{RF}}\right)$$

여기서, $\psi_1 = 2^{\frac{2R_1}{1-p}} - 1$ $\psi_2 = 2^{\frac{2R_2}{1-p}} - 1$ 이고,

$\Phi = \max\left(\frac{\psi_1}{\rho_S \alpha_{SR}^2(a_1 - \psi_1 a_2)}, \frac{\psi_2}{a_2 \rho_S \alpha_{SR}^2}\right)$ $\Xi = \max\left(\frac{\psi_1}{\rho_R \alpha_{RN}^2(a_1 - \psi_1 a_2)}, \frac{\psi_2}{a_2 \rho_R \alpha_{RN}^2}\right)$ 이다.

[0062] 여기서 P_S 와 P_R 는 각각 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 전송 신호 대 잡음비 SNR이다. R_1 와 R_2 은 각각 사용자 F 와 N 의 목표 데이터 전송률이다. $\max(\cdot)$ 은 최대화 연산자이다.

[0063] 이에 제어부(100)는 목적지 노드 N , F 와 협력 다중 접속된 릴레이 노드 $R_1 \sim R_N$ 간의 정전 확률(OP)의 최대화를 토대로 전력선 소스 노드 S 의 전송신호와 중첩된 전송 신호(소스 메시지)를 해독하고 다시 인코딩된 신호를 포함하는 데이터를 목적지 노드 N , F 로 전달하기 위한 DF 모드의 최적 릴레이 노드를 선택하고 선택된 최적 릴레이 노드로 데이터를 전달한다. 이에 DF 모드의 최적 릴레이 노드는 상기 목적지 노드 N , F 는 수신된 데이터를 복구한다. 목적지 노드 N , F 는 더 많은 전력이 할당되기 때문에 데이터를 직접 복구한다. 먼저 목적지 노드 N , F 는 데이터를 복구하고 원하는 데이터를 감지하기 위해 연속 간섭 무효화(SIC)를 사용하여 원하는 데이터를 복구할 수 있다.

[0064] 이때 협력 다중 접속된 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하는 전력선 통신 시스템에서 전술한 OP를 이용하여 시스템의 처리량을 추정할 수 있다. 이때 상기 시스템의 처리량 τ 을 다음 식 7으로 표현될 수 있다.

[0065] [식 7]

$$\tau = R_1(1 - P_{out,F}) + R_2(1 - P_{out,N})$$

[0066] 도 2 및 도 3은 협력 다중 접속된 AF 릴레이 노드를 가지는 전력선 통신 시스템의 각 목적지 노드 F , N 의 OP를 보인 도면으로서, 도 2 및 도 3을 참조하면, 협력 다중 접속(AF NOMA)된 전력선 통신 시스템 (이하 DF NOMA 전력 통신 시스템으로 약칭함), 시분할 다중 접속(TDMA)된 전력선 통신 시스템(이하 TDMA 전력 통신 시스템으로 약칭함), 및 다중 접속(NOMA)된 전력선 통신 시스템(이하 direct NOMA 전력 통신 시스템으로 약칭함) 각각에 대한 OP에 대해 DF NOMA 전력 통신 시스템은 TDMA 전력 통신 시스템 및 Direct NOMA 전력 통신 시스템에 비해 단 한 형태의 OP 성능이 매우 좋다는 것을 알 수 있다. 즉, DF NOMA 전력 통신 시스템은 TDMA 통신 시스템 및 Direct NOMA 전력통신 시스템에 비해 더 나은 성능을 보인다는 것을 확인할 수 있다.

[0068] 이러한 성능 차이는 양호한 페이딩 ($\sigma^2 = 4$ dB)과 시나리오와 좋지 않은 페이딩 ($\sigma^2 = 10$ dB) 시나리오 모두에서 뚜렷하다. 또한 제안된 DF NOMA 전력선 통신 시스템은 주어진 OP 값을 충족하기 위해 더 적은 전력을 사용한다. TDMA 전력선 통신 시스템과 Direct NOMA 전력선 통신 시스템은 $\sigma^2 = 4$ dB일 때, OP 값의 10^{-2} 을 달성하기 위해 3dB와 10dB의 전력을 더 필요로 한다. 따라서 제안된 제안된 DF NOMA 전력선 통신 시스템은 간섭이 감소하므로 다른 주파수 사용자와의 간섭을 개선할 수 있다. 목적지 노드 N 의 OP 성능이 유사함을 알 수 있다.

[0069] 도 4는 DF NOMA 전력 통신 시스템, TDMA 전력선 통신 시스템, 및 Direct NOMA 전력선 통신 시스템 각각에 대한 처리 성능을 보인 도면으로서, 도 4를 참조하면, DF NOMA 전력 통신 시스템의 처리량은 OP 값이 감소함에 따라 시스템 처리량이 증가함을 확인할 수 있다. 또한, 도 4를 참조하면, 임펄스 소음이 0.01에서 0.2로 증가함에 따라 보다 유용한 데이터가 손상되기 때문에 DF NOMA 전력 통신 시스템, TDMA 전력선 통신 시스템, 및 Direct NOMA 전력선 통신 시스템의 처리량이 저하되나, 제안된 DF NOMA 전력 통신 시스템은 임펄스 소음에 가장 강력함을 확인할 수 있다.

[0070] 일 실시 예의 DF NOMA 전력 통신 시스템은 차세대 PLC 시스템 설계에서 높은 스펙트럼 효율과 높은 데이터 전송 속도를 실현할 수 있고, 전자기 호환성(EMC)의 요구 조건을 만족할 수 있다.

[0071] 이에 일 실시예에 의거, 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇄, 및 백색 잡음으로 도출된 DF 모드로 동작하는 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 속도가 서비스 품질 기반으로 설정된 목표 속도보다 낮을 확률(OP)을 도출하고 도출된 확률(OP)에 대한 최대화 해로 최적 릴레이 노드를 선택함에 따라, 전력선 통신망의 관점에서 EMC 규정을 충족하는 높은 데이터 전송률, 높은 스펙트럼 효율성, 더 나은 공정성 및 낮은 전송 전력을 보장할 수 있고, 릴레이 노드 협력 다중 접속되어 높은 스펙트럼 효율로 작동할 수 있으며 신호 감쇄 및 잡음에 견고하다.

[0072] 다른 실시 태양으로, 협력적 AF NOMA 전력선 통신 시스템의 릴레이 선택 방법은, 소스 노드와 적어도 하나의 목적지 노드 사이에 적어도 하나의 릴레이 노드가 위치한 전력선 통신망의 제어부에서 전력선 통신망의 채널, 노드와 작동 주파수 간의 거리에 따른 신호 감쇄, 및 백색 잡음으로 도출된 릴레이 노드의 수신신호에 대해, 달성 가능한 데이터 전송 속도가 서비스 품질 기반의 목표 속도보다 낮을 확률(OP)을 도출하는 단계; 및 상기 확률(OP)에 대한 최대화 해로 DF 모드로 동작하는 최적 릴레이 노드를 선택하는 단계를 포함하며, 상기의 협력적 DF

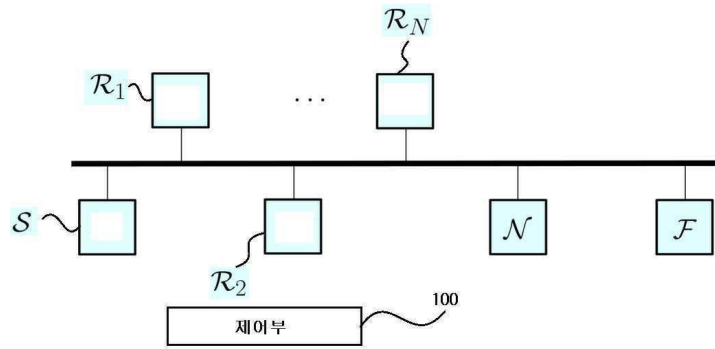
NOMA 전력선 통신 방법의 각 단계는 전술한 협력적 다중 접속된 릴레이 노드의 제어부(100)에서 수행되는 기능으로 자세한 원용은 생략한다.

[0073]

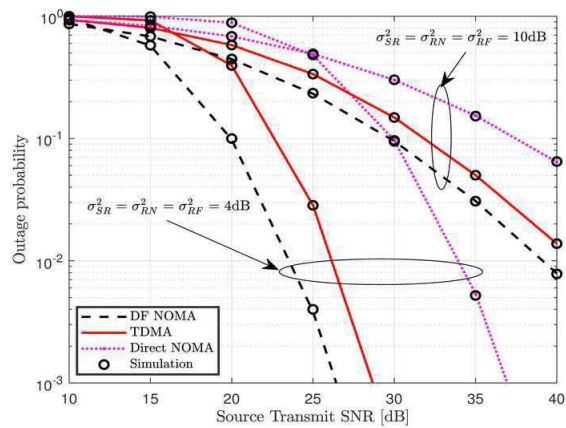
이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 당업자에게 명백할 것이다.

도면

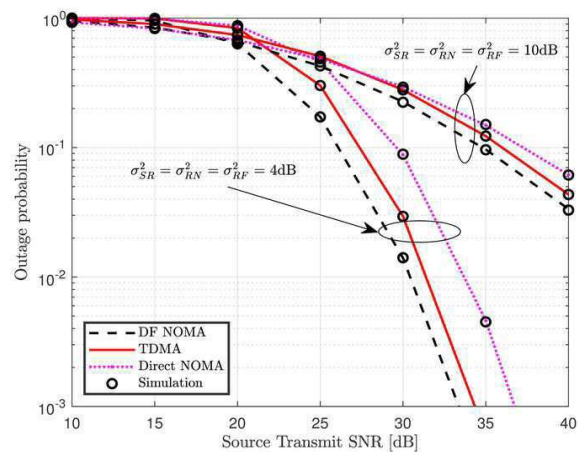
도면1



도면2



도면3



도면4

