



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년08월11일

(11) 등록번호 10-2845309

(24) 등록일자 2025년08월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 3/54 (2006.01) H04B 3/36 (2006.01)

H04B 3/58 (2006.01) H04B 7/0413 (2017.01)

H04B 7/0456 (2017.01) H04B 7/155 (2006.01)

H04L 12/64 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H04B 3/54 (2013.01)

H04B 3/36 (2020.08)

(21) 출원번호 10-2020-0092486

(22) 출원일자 2020년07월24일

심사청구일자 2023년05월26일

(65) 공개번호 10-2022-0013206

(43) 공개일자 2022년02월04일

(56) 선행기술조사문헌

JIANHUA MO 등, 'Secure Beamforming for MIMO Two-Way communications with an Untrusted Relay', arXiv:1312.3695v1 [cs.IT] (2013.12.13.) 1부.*

ABDELHAMID SALEM 등, 'Physical Layer Security Over Correlated Log-Normal Cooperative Power Line Communication Channels', IEEE Access(Volume: 5) (2017.07.24.) 1부.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

국립한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

이경재

대전광역시 유성구 노은동로 111 열매마을10단지 아파트 1010동 701호

데렉 콰쿠 포비 아시두

대전광역시 유성구 동서대로 158-11 HB학사 B동 301호

(74) 대리인

이은철, 이우영

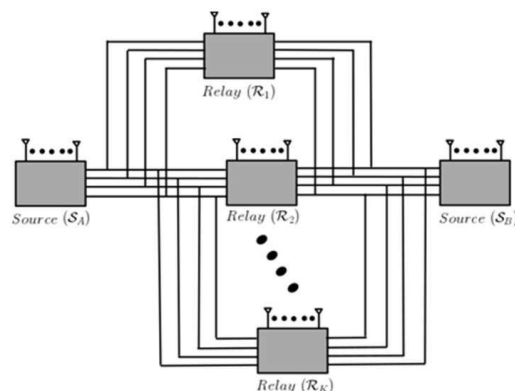
전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 강명수

(54) 발명의 명칭 하이브리드 PLC/W 통신 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 하이브리드 PLC/W 통신 시스템이 개시된다. 구체적인 구현 예에 따르면 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대한 그래디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달함에 따라, 시스템의 총 채널 용량을 최대화할 수 있고, 처리량을 감소할 수 있으며, 이에 데이터 전송 속도를 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

H04B 3/58 (2020.08)
H04B 7/0413 (2013.01)
H04B 7/0456 (2013.01)
H04B 7/15507 (2013.01)
H04L 12/6418 (2013.01)
H04B 2203/5479 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	201703230003
과제번호	R17XA05-71
부처명	한국전력공사
과제관리(전문)기관명	한국전력공사전력연구원
연구사업명	전력연구원 기초연구
연구과제명	스마트그리드를 위해 신뢰성 및 보안성이 강화된 다중터레이 다중사용자 다중입출력 전력선통신 기술의 연구 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한밭대학교 산학협력단
연구기간	2017.05.01 ~ 2020.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711082677
과제번호	2016-0-00500-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보보호핵심원천기술개발(R&D)
연구과제명	(창조씨앗-2단계)암호와 물리계층보안을 결합한 IoT 네트워크 보안 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한밭대학교 산학협력단
연구기간	2016.09.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

프리코더를 이용하여 정보 신호를 전송하는 적어도 하나의 소스 노드; 및

프리코더를 이용하여 각 소스 노드로부터 공급되는 정보 신호에 대해 재전송 전 수신된 정보 신호의 증폭 (AF: amplify-and-forward)을 수행하는 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하고,

상기 릴레이 노드는,

각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해, 릴레이 노드의 가중된 채널 용량 기울기, 가중치 및 프리코더를 토대로 릴레이 노드의 프리코더를 업데이트하고, 소스노드에 대한 가중 채널 용량 기울기, 가중치, 및 프리코더를 토대로 소스노드의 프리코드를 업데이트한 다음 릴레이 노드의 프리코더의 업데이트와 소스노드의 프리코더의 업데이트에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 시스템.

청구항 2

적어도 하나의 소스 노드의 프리코더를 사용하여 정보신호를 전송하는 단계;

수신된 정보신호를 재전송 전 증폭하여 적어도 하나의 릴레이 노드의 프리코더를 이용하여 상기 적어도 하나의 소스 노드로 전달하는 단계를 포함하되,

각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해 릴레이 노드의 가중된 채널 용량 기울기, 가중치 및 프리코더를 토대로 릴레이 노드의 프리코더를 업데이트하고, 소스노드에 대한 가중 채널 용량 기울기, 가중치, 및 프리코더를 토대로 소스노드의 프리코드를 업데이트하는 단계; 및

릴레이 노드의 프리코더의 업데이트와 소스노드의 프리코더의 업데이트에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 하이브리드 PLC/W 통신 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 무선(W) 통신 및 전력(PL)선 통신을 동시에 수행하는 하이브리드 PLC/W 통신 시 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 릴레이 노드의 최적 안테나 셋을 도출함에 따라, 총 채널 용량(sum rate)이 최대화할 수 있는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] PLC(Power-line Communication) 시스템은 스마트 그리드 및 IoT(Internet-of-things) 네트워크 시스템의 개발로 이어지고, 이러한 PLC 시스템의 진화는 단일 전력선(SISO)에서 다중 전력선(MIMO) 시스템으로 성장하였다. 또한, PLC 시스템은 시스템 성능을 향상시키기 위한 협력적 통신에서도 구현될 수 있다.

[0004] 그러나, PLC는 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.

[0005] 이에 최근에는 IoT와 스마트 그리드 통신 시스템의 도입으로 전력선(PL) 및 무선(W) 통신 시스템과 결합된 하이

브리드 PLC/W 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이에 통신 분야의 다양화 및 시스템이 달성 가능한 데이터 속도를 개선할 수 있다.

[0006] 그러나, 이러한 PLC와 무선 통신이 결합된 하이브리드 PLC/W 시스템은 단일 무선 릴레이 노드와 선택 모드를 고려하여 설계되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 다중 입력 다중 출력(MIMO) 통신 가능하고, 시스템의 총 채널 용량이 향상되며, 연산 복잡도를 감소할 수 있는 하이브리드 무선 및 전력선 통신 시스템 및 방법을 제공하고자 함에 있다.

[0008] 본 발명의 목적은 이상에서 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 이루기 위한 하나의 양태에 의거한 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템은

[0010] 프리코더를 이용하여 정보 신호를 전송하는 적어도 하나의 소스 노드; 및

[0011] 프리코더를 이용하여 각 소스 노드로부터 공급되는 정보 신호에 대해 재전송 전 수신된 정보 신호의 증폭 (AF: amplify-and-forward)을 수행하는 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하고,

[0012] 상기 릴레이 노드는,

[0013] 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 각각의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해, 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하도록 구비될 수 있다.

[0014] 다른 실시 양태에 의거, 하이브리드 PLC/W 통신 방법은,

[0015] 적어도 하나의 소스 노드의 프리코더를 사용하여 정보신호를 전송하는 단계;

[0016] 수신된 정보신호를 재전송 전 증폭하여 적어도 하나의 릴레이 노드의 프리코더를 이용하여 상기 적어도 하나의 소스 노드로 전달하는 단계를 포함하되,

[0017] 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 일 실시예에 따르면, 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달함에 따라, 시스템의 총 채널 용량을 최대화할 수 있고, 처리량을 감소할 수 있으며, 이에 데이터 전송 속도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 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 실시예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템의 구성을 보인 도이다.

도 2는 일 실시예의 시스템의 세부 구성도이다.

도 3은 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 시스템의 그래디언트 디센트 반복 알고리즘을 보인 도이다.

도 4는 일 실시예에 의거 각 시스템 별 채널 용량을 보인 비교도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 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.
- [0022] 본 명세서에 대한 설명에 앞서, 본 명세서에서 사용되는 몇 가지 용어들에 대하여 명확하게 하기로 한다.
- [0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 일 실시 예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0024] 도 1은 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템의 구성을 보인 도이고, 도 2는 도 1의 시스템의 세부 구성도이며, 도 3은 도 2의 MRC의 하이브리드 PLC/W 시스템의 그래디언트 디센트 반복 알고리즘을 보인 도이고, 도 4는 도 4는 일 실시예에 의거 각 시스템 별 채널 용량을 보인 비교 그래프이다.
- [0025] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 일 실시 예에 따른 하이브리드 PLC/W 통신 시스템은 적어도 하나의 소스 노드 S_A 과 S_B 및 적어도 하나의 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 를 포함할 수 있다.
- [0026] 하이브리드 PLC/W 통신 시스템은 바람직한 실시예일 뿐, 필요에 따라 일부 구성 요소가 추가되거나 삭제될 수 있음은 물론이다. 또한, 도 1에 도시된 하이브리드 PLC/W 통신 시스템 각각의 구성 요소들은 기능적으로 구분되는 기능 요소들을 나타낸 것으로서, 복수의 구성 요소가 실제 물리적 환경에서는 서로 통합되는 형태로 구현될 수도 있음에 유의한다.
- [0027] 일 실시예에서, 적어도 하나의 소스 노드 S_A 과 S_B 는 적어도 하나의 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 를 통해 서로 통신하는 다수의 MIMO 시스템으로 구성된 네트워크를 고려하면, 각 노드는 PLC 및 무선 통신 시스템, 일 레로 무선 시스템을 위한 단일 안테나 및 PLC 시스템에 사용되는 단일 전원선으로 구성되고, 각 릴레이 노드는 AF(증폭) 중계 모드에서 동작된다고 가정한다.
- [0028] 여기서, 각 소스 노드 S_A 과 S_B 는 심볼 형태의 정보신호 각각에 대해 PLC 및 무선 통신을 통해 각각의 프리코더를 사용하여 각 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 로 전달하고, 무선 라인 및 전력선 라인 모두는 MIMO 구성을 가진다고 가정하자.
- [0029] 이에 소스 노드 S_A 과 S_B 는 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 로 전달하고, 각 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 는 수신된 정보신호와 증폭 정보신호 모두를 각 소스 노드 S_A 과 S_B 로 전송한다. 그리고 각 소스 노드 S_A 과 S_B 는 수신된 증폭 정보신호에 대해 해독한다.
- [0030] 일 실시예는 PLC의 채널 용량과 W의 채널 용량의 합으로 도출된 총 채널 용량이 최대화하는 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정할 수 있다. 이에 하이브리드 PLC/W 시스템의 처리량을 감소할 수 있고, 이에 데이터 전송 속도를 향상할 수 있다.
- [0031] 도 2 및 도 3을 참조하여 소스 노드 S_A 과 S_B 는 프리코더 T_A^i, T_B^i 를 이용하여 정보 신호를 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 로 전달하며, 릴레이 노드 $R_1 \sim R_K$ 는 수신된 정보신호 및 증폭 정보신호를 프리코더 $F_k^i, k = 1, 2, \dots, K$ 을 이용하여 소스 노드 S_A 과 S_B 로 전달한다.

[0032] 여기서, 프리코더 $\mathbf{T}_A^i$, $\mathbf{T}_B^i$ 및 프리코더 $\mathbf{F}_k^i$, $k = 1, 2, \dots, K$ 는 초기화한 다음 각 $k = 1, 2, \dots, K$ 에 대해, 가중 채널 용량 R_s^i 을 토대로 릴레이 노드의 프리코더 $\mathbf{F}_k^i$ 에 대한 가중 채널 용량 기울기 $(\nabla F_k^i)R_s^i$ 를 연산하고, 연산된 가중 채널 용량 기울기 $(\nabla F_k^i)R_s^i$ 와 가중치 δ_i^i , 및 프리코더 $\mathbf{F}_k^i$ 를 토대로 릴레이 노드의 프리코더 $\mathbf{F}_k^i$ 를 업데이트한다.

[0033] 그리고 소스 노드 S_A 과 S_B 각각에 대한 프리코더 $\mathbf{T}_A^i$, $\mathbf{T}_B^i$ 각각에 대한 가중 채널 용량 기울기 $(\nabla T_k^i)R_s^i$ 를 연산하고, 연산된 가중 채널 용량 기울기 $(\nabla T_k^i)R_s^i$, 가중치 δ_i^i , 및 각각의 프리코더 $\mathbf{T}_A^i$, $\mathbf{T}_B^i$ 를 토대로 소스 노드의 현재 프리코더 $\mathbf{T}_A^i$, $\mathbf{T}_B^i$ 를 업데이트한다.

[0034] 여기서, 릴레이 노드의 가중 채널 용량 기울기 $(\nabla F_k^i)R_s^i$ 및 소스 노드의 가중 채널 용량 기울기 가중 채널 용량 기울기 $(\nabla T_k^i)R_s^i$ 각각은 다음 식 1 내지 식 15로 각각 나타낼 수 있다.

[0035] [식 1]

$$(\nabla F_k^i)R_s^i = \widetilde{C}_k^i - \gamma_A^{i2}/P_k \times \text{real}(\text{tr}\{\mathbf{C}_k^i \mathbf{F}_k^i\}) \times F_k^i (\rho_A^{i2} H_{(AR,k)}^i T_A^i T_A^{i\dagger} H_{(AR,k)}^{i\dagger} + \rho_B^{i2} H_{(BR,k)}^i T_B^i T_B^{i\dagger} H_{(BR,k)}^{i\dagger} + \sigma_n^{i2} I_{(N_k)})$$

[0037] [식 2]

$$(\nabla T_l^i)R_s^i = (w_l^i \rho_l^{i2} / \ln 2) \Sigma_l^{i\dagger} \Omega_l^i \Sigma_l^{i\dagger} \Pi_l^i - (w_l^i \rho_l^{i4} / P_l \ln 2) \text{tr}\{\Sigma_l^{i\dagger} \Omega_l^i \Sigma_l^{i\dagger} \Pi_l^i\} T_l^i - (\rho_l^{i2} / P_l) \sum_{(k=1)}^K (\gamma_l^{i2} / P_k) \text{real}(\text{tr}\{\mathbf{C}_k^i \mathbf{F}_k^i\}) (P_l \Gamma_{(l,k)}^i - \rho_l^{i2} \text{tr}\{T_l^i \Gamma_{(l,k)}^i T_l^i\} I_{M_l})) T_l^i$$

[0039] [식 3]

$$C_k^i = \rho_A^i \gamma_k^i H_{(RB,k)}^i \Omega_A^i \Sigma_A^i \Pi_A^i W_A^i \Pi_A^i (T_A^i H_{(AR,k)}^i - \sigma_n^i \gamma_k^i \Sigma_A^i \Omega_A^i H_{(RB,k)}^i F_k^i) + \rho_B^i \gamma_k^i H_{(RA,k)}^i \Omega_B^i \Sigma_B^i \Pi_B^i W_B^i \Pi_B^i (T_B^i H_{(BR,k)}^i - \sigma_n^i \gamma_k^i \Sigma_B^i \Omega_B^i H_{(RA,k)}^i F_k^i)$$

[0041] [식 4]

$$\widetilde{C}_k^i = (\gamma_k^i / \ln 2) [w_B^i \rho_A^i \gamma_k^i H_{(RB,k)}^i \Omega_A^i \Sigma_A^i \Pi_A^i W_A^i \Pi_A^i (T_A^i H_{(AR,k)}^i - \sigma_n^i \gamma_k^i \Sigma_A^i \Omega_A^i H_{(RB,k)}^i F_k^i) + w_B^i \rho_B^i \gamma_k^i H_{(RA,k)}^i \Omega_B^i \Sigma_B^i \Pi_B^i W_B^i \Pi_B^i (T_B^i H_{(BR,k)}^i - \sigma_n^i \gamma_k^i \Sigma_B^i \Omega_B^i H_{(RA,k)}^i F_k^i)]$$

[0043] [식 5]

$$\Pi_l^i = (I_{(M_l)} + \rho_A^{i2} \Sigma_l^i \Omega_l^i \Sigma_l^{i\dagger})^{-1}$$

[0045] [식 6]

$$\Sigma_l^i = \sum_{(k=1)}^K \gamma_k^i H_{(R,k)}^i F_k^i H_{(LR,k)}^i T_l^i$$

[0046]

[0047] [식 7]

$$\Omega_l^i = (\sigma_n^{i2} \sum_{(k=1)}^K \gamma_k^i H_{(Rl,k)}^i F_k^i F_k^i H_{(Rl,k)}^i + \sigma_z^{i2} I_{(M_l)})^{-1}$$

[0049] [식 8]

$$\widetilde{\Sigma}_A^i = \sum_{(k=1)}^K \gamma_k^i H_{(AR,k)}^i F_k^i H_{(RA,k)}^i$$

[0051] [식 9]

$$\widetilde{\Sigma}_B^i = \sum_{(k=1)}^K \gamma_k^i H_{(BR,k)}^i F_k^i H_{(RB,k)}^i$$

[0053] [식 10]

$$\Gamma_{(A,k)}^i = \sum_{(k=1)}^K H_{(AR,k)}^{i\dagger} F_k^{i\dagger} F_k^i H_{(RA,k)}^i \quad [\text{식 1}]$$

[0055] [식 11]

$$\Gamma_{(B,k)}^i = \sum_{(k=1)}^K H_{(BR,k)}^{i\dagger} F_k^{i\dagger} F_k^i H_{(RB,k)}^i$$

[0057] [식 12]

$$R_s^i \triangleq (w_A^i/2) \log_2 |(\Pi_A^i)^{-1}| + (w_B^i/2) \log_2 |(\Pi_B^i)^{-1}|.$$

[0059] [식 13]

$$\rho_A^i = \sqrt{(P_A / (tr\{T_A^i T_A^{i\dagger}\}))} \quad [\text{식 1}]$$

[0061] [식 14]

$$\rho_B^i = \sqrt{(P_B / (tr\{T_B^i T_B^{i\dagger}\}))}$$

[0063] [식 15]

$$\gamma_B^i = \sqrt{(P_B / (tr\{F_B^i F_B^{i\dagger}\}))}$$

[0065] 여기서, $i = \{\text{PLC}, \text{W}\}$ 는 PL 또는 W 연결을 나타낸다. w_l , ρ_l , γ_l 및 P_l 는 각각 소스 노드 합계 비율 가중치, 소스 노드 전력 정상화 계수, 릴레이 전력 정상화 계수 및 소스 노드 전력을 나타내며, $l = \{A, B\}$ 은 소스 노드 A 또는 B. δ_k^i , δ_l^i 중 하나이다.

[0066] 상기 릴레이 노드의 프리코더 F_k^i 의 업데이트와 소스 노드의 현재 프리코더 프리코더 T_A^i , T_B^i 의 업데이트 과정은 채널 용량 R_s^i 이 수렴될때 까지 반복 수행된다.

[0067] 즉, 릴레이 노드의 프리코더 F_k^i 의 업데이트와 소스 노드의 현재 프리코더 프리코더 T_A^i , T_B^i 는 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 채널 용량 R_s^i 이 수렴될때 까지 반복 검색함에 따라, 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 이용하여 정보신호 및 증폭된 정보

신호 중 적어도 하나가 통신된다.

[0068] 여기서 결정된 소스 노드 프리코더 및 릴레이 노드 프리코드를 이용하여 정보 신호 및 증폭된 정보신호 중 적어도 하는 전달 시 총 채널 용량은 다음 식 16으로 나타낼 수 있다.

[0069] [식 16]

$$\{T_A^i, T_B^i, F_1^i, \dots, F_K^i\} = \max_{T_A^i, T_B^i, F_1^i, \dots, F_K^i} R_s^i$$

[0071] 이에 일 실시예는 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대한 그래디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달함에 따라, 시스템의 총 채널 용량을 최대화할 수 있고, 처리량을 감소할 수 있으며, 이에 데이터 전송 속도를 향상시킬 수 있다.

[0072] 즉, 도 4를 참조하면, 소정 수의 소스 노드와 릴레이 구성은 적어도 하나의 전원선 및 무선 안테나 구성을 가지는 하이브리드 PLC/W시스템에서, 총 시스템 달성률 측면에서 PLC 또는 무선 통신 모드만을 사용하는 것과 비교하여 일 실시 예는 무선 전력선 통신 시스템, 무선 안테나 시스템, 및 하이브리드 PLC/W 시스템 각각의 총 채널 용량 중 하이브리드 PLC/W 시스템의 채널 용량이 향상됨을 확인할 수 있으며, 또한, 통신에 사용되는 안테나 또는 전원선의 수가 증가함에 따라 하이브리드 PLC/W 시스템의 채널 용량의 증가가 다른 기존의 시스템과 비교하여 향상됨을 알 수 있다.

[0073] 다른 실시 태양으로, 하이브리드 PLC/W 통신 방법은,

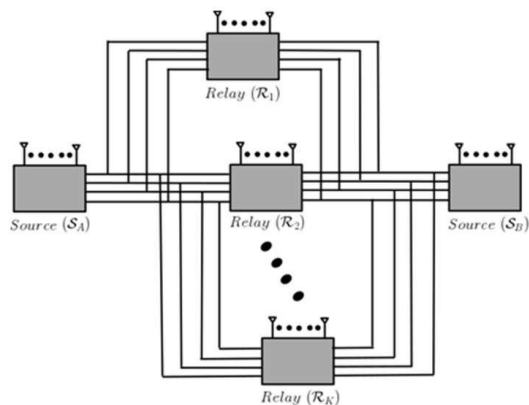
[0074] 적어도 하나의 소스 노드의 프리코더를 사용하여 정보신호를 전송하는 단계;

[0075] 수신된 정보신호를 재전송 전 증폭하여 적어도 하나의 릴레이 노드의 프리코더를 이용하여 상기 적어도 하나의 소스 노드로 전달하는 단계를 포함하되,

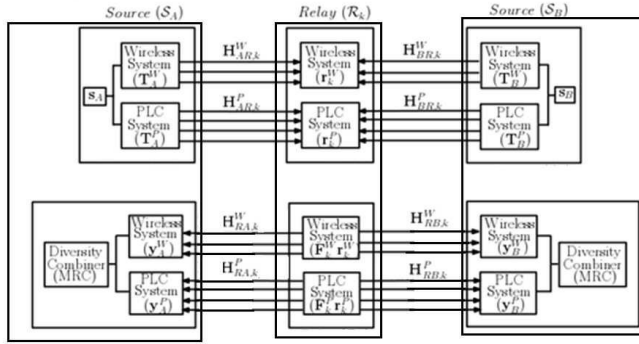
[0076] 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대한 그래디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달하는 단계를 더 포함하며, 상기의 하이브리드 PLC/W 통신 방법의 각 단계는 전술한 소스 노드 S_A 과 S_B 에서 수행되는 기능으로 자세한 원용은 생략한다.

도면

도면1



도면2



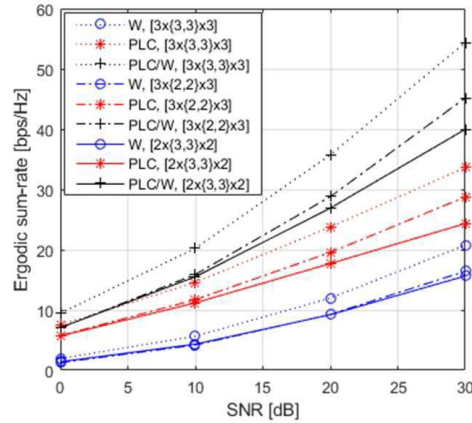
도면3

Algorithm 1 The gradient equation iterative algorithm

```

Initialize:  $T_A^i$ ,  $T_B^i$  and  $F_k^i$ ,  $k=1, \dots, K$ 
repeat
  for  $k=1, \dots, K$  do
    Calculate  $(\nabla F_k^i)R_g^i$  using (1) for  $R_g^i$ 
    Update using  $F_k^i - \delta_i^k \nabla F_k^i$ 
  end for
  for  $l=A, B$  do
    Calculate  $(\nabla T_k^i)R_g^i$  using (2) for  $R_g^i$ 
    Update  $T_l^i$  using  $T_l^i - \delta_l^i \nabla T_l^i$ 
  end for
until  $R_g^i$  converges
  
```

도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

프리코더를 이용하여 정보 신호를 전송하는 적어도 하나의 소스 노드; 및

프리코더를 이용하여 각 소스 노드로부터 공급되는 정보 신호에 대해 재전송 전 수신된 정보 신호의 증폭 (AF: amplify-and-forward)을 수행하는 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하고,

상기 릴레이 노드는,

각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해, 릴레이 노드의 가중된 채널 용량 기울기, 가중치 및 프리코더를 토대로 릴레이 노드의 프리코더를 업데이트하고, 소스노드에 대한

가중 채널 용량 기울기, 가중치, 및 프리코더를 토대로 소스노드의 프리코드를 업데이트한 다음 릴레이 노드의 프리코더의 업데이트와 소스노드의 프리코더의 업데이트에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 시스템.

【변경후】

프리코더를 이용하여 정보 신호를 전송하는 적어도 하나의 소스 노드; 및

프리코더를 이용하여 각 소스 노드로부터 공급되는 정보 신호에 대해 재전송 전 수신된 정보 신호의 증폭 (AF: amplify-and-forward)을 수행하는 적어도 하나의 릴레이 노드를 포함하고,

상기 릴레이 노드는,

각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해, 릴레이 노드의 가중된 채널 용량 기울기, 가중치 및 프리코더를 토대로 릴레이 노드의 프리코더를 업데이트하고, 소스노드에 대한 가중 채널 용량 기울기, 가중치, 및 프리코더를 토대로 소스노드의 프리코드를 업데이트한 다음 릴레이 노드의 프리코더의 업데이트와 소스노드의 프리코더의 업데이트에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 시스템.

【작권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

적어도 하나의 소스 노드의 프리코더를 사용하여 정보신호를 전송하는 단계;

수신된 정보신호를 재전송 전 증폭하여 적어도 하나의 릴레이 노드의 프리코더를 이용하여 상기 적어도 하나의 소스 노드로 전달하는 단계를 포함하되,

각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해 릴레이 노드의 가중된 채널 용량 기울기, 가중치 및 프리코더를 토대로 릴레이 노드의 프리코더를 업데이트하고, 소스노드에 대한 가중 채널 용량 기울기, 가중치, 및 프리코더를 토대로 소스노드의 프리코드를 업데이트하는 단계; 및

릴레이 노드의 프리코더의 업데이트와 소스노드의 프리코더의 업데이트에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 방법.

【변경후】

적어도 하나의 소스 노드의 프리코더를 사용하여 정보신호를 전송하는 단계;

수신된 정보신호를 재전송 전 증폭하여 적어도 하나의 릴레이 노드의 프리코더를 이용하여 상기 적어도 하나의 소스 노드로 전달하는 단계를 포함하되,

각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 가중된 채널 용량 및 릴레이 노드의 채널 용량 기울기와 각 소스 노드와 각 릴레이 노드 간의 채널 용량 및 소스 노드의 채널 용량 기울기에 대해 릴레이 노드의 가중된 채널 용량 기울기, 가중치 및 프리코더를 토대로 릴레이 노드의 프리코더를 업데이트하고, 소스노드에 대한 가중 채널 용량 기울기, 가중치, 및 프리코더를 토대로 소스노드의 프리코드를 업데이트하는 단계; 및

릴레이 노드의 프리코더의 업데이트와 소스노드의 프리코더의 업데이트에 대한 그라디언트 디센트 알고리즘을 이용하여 조인트 로컬 최적화 해를 반복 검색하여 총 채널 용량이 최대가 되는 상기 소스 노드와 릴레이 노드 각각의 프리코더를 결정하여 결정된 프리코더를 이용하여 증폭된 정보신호를 전달하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 방법.