

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711006626

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국방송통신전파진흥원

연구사업명 모바일서비스-서비스-지능형 자율 서비스 플랫폼

연구과제명 단말 협업형 Giga급 스마트 클라우드릿 핵심 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2013.04.01 ~ 2017.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

전송 장치와 함께 제1 송수신 쌍(pair)에 포함된 수신 장치에 있어서,
 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 전송 장치로부터 파일럿 신호를 수신하는 수신부;
 상기 수신된 파일럿 신호에 기반하여 상기 전송 장치로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용되는 수신 가중치 벡터를 결정하는 수신 가중치 벡터 결정부;
 상기 결정된 수신 가중치 벡터 및 상기 파일럿 신호를 이용하여 상기 제2 전송 장치로부터 수신한 간섭의 양을 계산하는 간섭량 계산부; 및
 상기 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 임계값과의 비교 결과를 상기 전송 장치로 전송하는 전송부를 포함하고,
 상기 비교 결과는 상기 제1 송수신 쌍이 데이터를 송수신하는 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 사용되고,
 상기 수신부는 상기 전송 장치로부터 전송된 제1 데이터 및 상기 제2 전송 장치가 상기 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 수신 장치로 전송하는 제2 데이터를 상기 수신 가중치 벡터를 이용하여 동시에 수신하는 수신 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 비교 결과는 상기 계산된 간섭의 양이 상기 결정된 임계값을 초과하는지 여부를 나타내는 1비트의 정보인 수신 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 전송부는 상기 계산된 간섭의 양이 상기 제2 전송 장치로부터 다른 수신 장치가 수신하는 간섭의 양보다 작은 경우에, 상기 다른 수신 장치 보다 우선적으로 상기 비교 결과를 전송하는 수신 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 전송부는 상기 계산된 간섭의 양에 비례하는 백오프 타임(backoff time)을 설정하고, 상기 백오프 타임이 상기 다른 수신 장치가 수신하는 간섭의 양에 비례하여 설정된 제2 백오프 타임보다 작은 경우에 상기 다른 수신 장치보다 우선적으로 상기 비교 결과를 전송하는 수신 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 전송부는 상기 수신 가중치 벡터를 이용하여 제2 파일럿 신호를 프리코딩하여 전송하는 수신 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 수신 가중치 벡터 결정부는 상기 제2 전송장치로부터 수신한 간섭량이 최소가 되도록 상기 수신 가중치 벡터를 결정하는 수신 장치.

청구항 8

수신 장치와 함께 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치에 있어서,

데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 수신 장치로부터 파일럿 신호를 수신하는 수신부;

상기 수신된 파일럿 신호에 기반하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송하기 위하여 사용되는 전송 가중치 벡터를 결정하는 전송 가중치 벡터 결정부;

상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송하는 경우, 상기 제2 수신 장치로 전송되는 간섭의 양을 계산하는 간섭량 계산부; 및

전송부

를 포함하고,

상기 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 임계값과의 비교 결과에 따라서 상기 제1 송수신 쌍은 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정되고,

상기 전송부는 상기 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 전송 장치가 상기 제2 수신 장치로 제2 데이터를 전송하는 시간 구간에 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 수신 장치로 제1 데이터를 전송하는 전송 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 수신부는 상기 수신 장치로부터 상기 수신 장치가 상기 제2 전송 장치로부터 수신하는 간섭의 양에 대한 피드백을 수신하고,

상기 피드백은 상기 제1 송수신 쌍이 상기 데이터 전송 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 추가적으로 사용되는 전송 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 경우에,

상기 전송부는 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 제2 파일럿을 프리코딩하여 전송하는 전송 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 전송 가중치 벡터 결정부는 상기 제2 수신 장치로 전송되는 간섭량이 최소가 되도록 상기 전송 가중치 벡터를 결정하는 전송 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 하기의 실시예들은 이동통신 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는 각각 송신기와 수신 장치를 포함하는 n 개의 송수신 쌍들 중에서, 데이터를 전송할 데이터 송수신 쌍을 선택하는 스케줄링 기법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 무선 통신망을 이용하여 전송되는 신호의 양은 시간이 지남에 따라서 점차 증가하고 있다. 가까운 미래에는 현재 전송되는 신호의 수배에 이르는 용량의 신호가 무선 통신망을 이용하여 전송될 것으로 예상된다.
- [0003] 무선 통신망은 복수의 기지국 및 단말을 포함할 수 있다. 단말이 원하는 신호를 전송하는 기지국 이외에 인접한 기지국으로부터 간섭 신호를 수신할 수 있다. 이러한 간섭 신호는 무선 통신망의 전송 효율을 떨어뜨리는 원인 중의 하나로, 이를 줄이거나 최소화 할 수 있는 기술이 필요하다.
- [0004] (n, K) 사용자 간섭 채널은 n 개의 사용자들이 임의로 분포하는 무선 네트워크에서, 스케줄링의 복잡성 및 한정된 자원의 제약으로 인하여 그 중 K 개의 사용자들만이 데이터를 전송할 수 있는 채널이다($n > K$).
- [0005] (n, K) 사용자 간섭 채널에서는 n 개의 사용자 중에서 실제로 데이터를 전송할 K 개의 사용자를 선택하는 스케줄링이 매우 중요하다. 그러나, 어떠한 기준을 가지고 스케줄링을 수행할지는 기술적으로 매우 중요한 이슈가 되어왔다. 최근에는 다중 사용자 간섭 채널에서 정확한 채널 용량 대신 DoF(Degree-of-Freedom)을 성능의 척도로 하여 스케줄링을 수행하는 기술이 제안되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 하기의 실시예들은 복수의 송수신 쌍들 중에서 데이터를 전송할 송수신 쌍을 결정하는 것을 목적으로 한다.
- [0007] 하기의 실시예들은 무선 네트워크의 데이터 전송 효율을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 예시적 실시예에 따르면, 전송 장치와 함께 제1 송수신 쌍(pair)에 포함된 수신 장치에 있어서, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 전송 장치로부터 파일럿 신호를 수신하는 수신부, 상기 수신된 파일럿 신호에 기반하여 상기 전송 장치로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용되는 수신 가중치 벡터를 결정하는 수신 가중치 벡터 결정부 및 상기 결정된 수신 가중치 벡터 및 상기 파일럿 신호를 이용하여 상기 제2 전송 장치로부터 수신한 간섭의 양을 계산하는 간섭량 계산부를 포함하고, 상기 계산된 간섭의 양은 상기 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 사용되고, 상기 수신부는 상기 전송 장치로부터 전송된 제1 데이터 및 상기 제2 전송 장치가 상기 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 수신 장치로 전송하는 제2 데이터를 상기 수신 가중치 벡터를 이용하여 동시에 수신하는 수신 장치가 제공된다.
- [0009] 여기서, 상기 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 임계값과의 비교 결과를 상기 전송 장치로 전송하는 전송부를 더 포함하고, 상기 비교 결과는 상기 전송 장치 및 수신 장치가 상기 데이터 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 사용될 수 있다.
- [0010] 그리고, 상기 비교 결과는 상기 계산된 간섭의 양이 상기 결정된 임계값을 초과하는지 여부를 나타내는 1비트의 정보일 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 전송부는 상기 계산된 간섭의 양이 상기 제2 전송 장치로부터 다른 수신 장치가 수신하는 간섭의 양보다 작은 경우에, 상기 다른 수신 장치 보다 우선적으로 상기 비교 결과를 전송할 수 있다.
- [0012] 여기서, 상기 전송부는 상기 계산된 간섭의 양에 비례하는 백오프 타임(backoff time)을 설정하고, 상기 백오프

타입이 상기 다른 수신 장치가 수신하는 간섭의 양에 비례하여 설정된 제2 백오프 타임보다 작은 경우에 상기 다른 수신 장치보다 우선적으로 상기 비교 결과를 전송할 수 있다.

[0013] 그리고, 상기 전송부는 상기 수신 가중치 벡터를 이용하여 상기 제2 파일럿을 프리코딩하여 전송할 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 수신 가중치 벡터 결정부는 상기 제2 전송장치로부터 수신한 간섭량이 최소가 되도록 상기 수신 가중치 벡터를 결정할 수 있다.

[0015] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 수신 장치와 함께 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치에 있어서, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 수신 장치로부터 파일럿 신호를 수신하는 수신부, 상기 수신된 파일럿 신호에 기반하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송하기 위하여 사용되는 전송 가중치 벡터를 결정하는 전송 가중치 벡터 결정부, 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송하는 경우, 상기 제2 수신 장치로 전송되는 간섭의 양을 계산하는 간섭량 계산부 및 전송부를 포함하고, 상기 계산된 간섭의 양은 상기 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 사용되고, 상기 전송부는 상기 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 전송 장치가 상기 제2 수신 장치로 제2 데이터를 전송하는 시간 구간에 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 수신 장치로 제1 데이터를 전송하는 전송 장치가 제공된다.

[0016] 여기서, 상기 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 임계값과의 비교 결과에 따라서 상기 제1 송수신 쌍은 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정될 수 있다.

[0017] 그리고, 상기 수신부는 상기 수신 장치로부터 상기 수신 장치가 상기 제2 전송 장치로부터 수신하는 간섭의 양에 대한 피드백을 수신하고, 상기 피드백은 상기 제1 송수신 쌍이 상기 데이터 전송 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 추가적으로 사용될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 경우에, 상기 전송부는 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 제2 파일럿을 프리코딩하여 전송할 수 있다.

[0019] 그리고, 상기 전송 가중치 벡터 결정부는 상기 제2 수신 장치로 전송되는 간섭량이 최소가 되도록 상기 전송 가중치 벡터를 결정할 수 있다.

[0020] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 전송 장치와 함께 제1 송수신 쌍(pair)에 포함된 수신 장치의 데이터 수신 방법에 있어서, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 전송 장치로부터 파일럿 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 파일럿 신호에 기반하여 상기 전송 장치로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용되는 수신 가중치 벡터를 결정하는 단계, 상기 결정된 수신 가중치 벡터 및 상기 파일럿 신호를 이용하여 상기 제2 전송 장치로부터 수신한 간섭의 양을 계산하는 단계 및 상기 전송 장치로부터 제1 데이터를 수신하는 단계를 포함하고, 상기 계산된 간섭의 양은 상기 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 사용되고, 상기 데이터를 수신하는 단계는 상기 전송 장치로부터 전송된 제1 데이터 및 상기 제2 전송 장치가 상기 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 수신 장치로 전송하는 제2 데이터를 상기 수신 가중치 벡터를 이용하여 동시에 수신하는 데이터 수신 방법이 제공된다.

[0021] 여기서, 상기 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 임계값과의 비교 결과를 상기 전송 장치로 전송하는 단계를 더 포함하고, 상기 비교 결과는 상기 전송 장치 및 수신 장치가 상기 데이터 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 사용될 수 있다.

[0022] 그리고, 상기 수신 가중치 벡터를 이용하여 제2 파일럿을 프리코딩하여 전송하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 수신 가중치 벡터를 결정하는 단계는 상기 제2 전송장치로부터 수신한 간섭량이 최소가 되도록 상기 수신 가중치 벡터를 결정할 수 있다.

[0024] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 수신 장치와 함께 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치의 데이터 전송 방법에 있어서, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 수신 장치로부터 파일럿 신호를 수신하는 단계, 상기 수신된 파일럿 신호에 기반하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송하기 위하여 사용되는 전송 가중치 벡터를 결정하는 단계, 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송하는 경우, 상기 제2 수신 장치로 전송되는 간섭의 양을 계산하는 단계 및 상기 수신 장치로 제1 데이터를 전송하는 단계를 포함하고, 상기 계산된 간섭의 양은 상기 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정되기 위하여 사용되고, 상기 제1 데이터를 전송하는 단계는 상기 제2 송수신 쌍에 포함된 제2 전송 장치가 상기 제2 수신 장치로 제2 데이터를 전송하는 시간 구간에 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 수신 장치로 제1 데이터

터를 전송하는 데이터 전송 방법이 개시된다.

- [0025] 여기서, 상기 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정된 경우에, 상기 전송 가중치 벡터를 이용하여 상기 제2 파 일릿을 프리코딩하여 전송하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 여기서, 상기 전송 가중치 벡터를 결정하는 단계는 상기 제2 수신 장치로 전송되는 간섭량이 최소가 되도록 상기 전송 가중치 벡터를 결정할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 하기의 실시예에 따르면, 복수의 송수신 쌍들 중에서 데이터를 전송할 송수신 쌍을 결정할 수 있다.
- [0028] 하기의 실시예에 따르면, 무선 네트워크의 데이터 전송 효율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 복수의 송수신 쌍들 중에서 데이터를 전송하는 송수신 쌍을 선택하여 데이터를 효율적으로 전송하는 개념을 도시한 도면이다.
- 도 2는 예시적 실시예에 따라서 송수신 쌍들 사이의 간섭의 영향이 최소화되도록 데이터를 전송하는 송수신 쌍을 선택하는 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.
- 도 3은 예시적 실시예에 따른 수신 장치의 구조를 도시한 블록도이다.
- 도 4는 예시적 실시예에 따른 전송 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0031] 도 1은 복수의 송수신 쌍들 중에서 데이터를 전송하는 송수신 쌍을 선택하여 데이터를 효율적으로 전송하는 개념을 도시한 도면이다.
- [0032] 도 1에서는 n개의 송수신 쌍(pair, 110, 120, 130, 140)이 도시되었다. 각각의 송수신 쌍(110, 120, 130, 140)은 전송 장치(111, 121, 131, 141) 및 수신 장치(112, 122, 132, 142)를 포함한다. 각 전송 장치(111, 121, 131, 141)들은 동일한 송수신 쌍(110, 120, 130, 140)에 포함된 수신 장치(112, 122, 132, 142)로 데이터를 전송할 수 있다.
- [0033] 만약 각 전송 장치(111, 121, 131, 141)들이 모두 수신 장치(112, 122, 132, 142)로 데이터를 전송한다면, 무선 대역폭의 한계, 다른 송수신 쌍으로부터의 간섭 등의 이유로 n개의 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(111, 121, 131, 141) 및 수신 장치(112, 122, 132, 142)들은 우수한 품질로 데이터를 전송할 수 없다.
- [0034] 이러한 문제를 극복하기 위하여, 우수한 품질로 데이터를 전송할 수 있는 K개의 송수신 쌍을 선택하고, 선택된 송수신 쌍에 포함된 전송 장치 및 수신 장치들만이 데이터를 전송할 수 있다.
- [0035] 일측에 따르면, 중앙 집중적 스케줄링 방식을 이용하여 K 개의 송수신 쌍을 선택할 수 있다. 이 경우에, 제어 장치는 각 송수신 쌍(110, 120, 130, 140)으로부터 각 송수신 쌍이 전송할 수 있는 데이터 전송량을 수신하고, 선택된 송수신 쌍의 데이터 전송량의 합이 최대가 되도록 K개의 송수신 쌍을 선택할 수 있다. 중앙 집중적 스케줄링 방식은 모든 송수신 쌍(110, 120, 130, 140)으로부터 데이터 전송량에 대한 정보를 수신하는 제어 장치를 필요로 하며, K개의 사용자 그룹을 선택하기 위하여 많은 제어 정보를 교환해야 하므로 복잡하다.
- [0036] 이에 대한 대안으로, 중앙의 제어 장치를 필요로 하지 않는 분산적 방식을 이용할 수도 있다. 도 1에 도시된 실시예에 따르면, 4개의 송수신 쌍들은 이웃한 다른 송수신 쌍으로부터 수신한 간섭의 양 또는 이웃한 다른 송수신 쌍으로 전송되는 간섭의 양에 기반하여 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.
- [0037] 도 2는 예시적 실시예에 따라서 송수신 쌍들 사이의 간섭의 영향이 최소화되도록 데이터를 전송하는 송수신 쌍

을 선택하는 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

- [0038] 일측에 따르면, 각 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230, 220)들은 임의로 백오프 타임(backoff time)을 설정할 수 있다. 이 경우에, 최소의 백오프 타임을 가지는 전송 장치를 포함하는 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.
- [0039] 단계(241)에서, 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)가 최소의 백오프 타임을 가질 수 있다. 이 경우에, 제2 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된다.
- [0040] 단계(242)에서, 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)는 전송 가중치 벡터를 결정한다. 여기서, 전송 가중치 벡터는 전송 장치(230)가 수신 장치(240)로 데이터를 전송하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이다.
- [0041] 또한, 단계(243)에서, 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)는 수신 가중치 벡터를 결정한다. 여기서, 수신 가중치 벡터는 수신 장치(240)가 전송 장치로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이다.
- [0042] 일측에 따르면, 전송 장치(230) 및 수신 장치(240)는 안테나 선택 기법을 이용하여 가중치 벡터를 결정할 수도 있고, 특이값 분해(SVD: Singular Value Decomposition) 기법을 이용하여 가중치 벡터를 결정할 수도 있다.
- [0043] 단계(244)에서, 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)는 결정된 전송 가중치 벡터를 이용하여 제1 파일럿 신호를 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)로 전송한다. 전송 장치(230)가 전송한 제1 파일럿 신호는 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)뿐만 아니라, 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)로도 전송된다. 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)로 전송된 제1 파일럿 신호는 간섭 신호로 작용한다.
- [0044] 단계(250)에서, 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)는 간섭 신호로 작용하는 제1 파일럿 신호에 기반하여 수신 가중치 벡터를 결정한다. 수신 장치(210)가 결정하는 수신 가중치 벡터는 수신 장치(210)가 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이다. 일측에 따르면, 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)는 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)으로부터의 간섭 신호의 영향이 최소화되도록 수신 가중치 벡터를 결정할 수 있다.
- [0045] 단계(251)에서, 수신 장치(210)는 결정된 수신 가중치 벡터를 이용하여 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)로부터 간섭 신호를 수신하는 경우, 간섭의 양을 계산한다.
- [0046] 단계(245)에서, 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)는 결정된 수신 가중치 벡터를 이용하여 제2 파일럿 신호를 전송한다. 수신 장치(240)가 전송한 제2 파일럿 신호는 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)로 전송된다. 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)로 전송된 제2 파일럿 신호는 간섭 신호로 작용한다.
- [0047] 단계(252)에서, 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)는 계산된 간섭의 양에 대한 정보를 전송 장치(220)로 전송한다. 일측에 따르면, 계산된 간섭의 양에 대한 정보는 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 제1 임계값과의 비교 결과일 수 있다. 일측에 따르면, 계산된 간섭의 양에 대한 정보는 계산된 간섭의 양이 미리 결정된 제1 임계값을 초과하는지 여부를 나타내는 정보로서, 1비트로 표현될 수 있다.
- [0048] 단계(260)에서, 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)는 간섭 신호로 작용하는 제2 파일럿 신호에 기반하여 전송 가중치 벡터를 결정한다. 전송 장치(220)가 결정하는 전송 가중치 벡터는 전송 장치(220)가 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)로 데이터를 전송하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이다. 일측에 따르면, 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)는 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)로 전송되는 간섭 신호의 영향이 최소화되도록 전송 가중치 벡터를 결정할 수 있다.
- [0049] 단계(270)에서, 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)는 전송 가중치 벡터를 이용하여 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)로 데이터를 전송하는 경우에, 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)로 전송되는 간섭의 양을 계산한다. 일측에 따르면, 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)는 계산된 간섭의 양을 미리 결정된 제2 임계값과 비교할 수 있다.
- [0050] 단계(271)에서, 제1 송수신 쌍은 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)가 계산한 간섭의 양에 대한 정보 및 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)가 계산한 간섭의 양에 대한 정보에 기반하여 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.
- [0051] 예를 들어, 제1 송수신 쌍은 수신 장치(210)가 계산한 간섭의 양이 제1 임계값 보다 작은 값이고, 전송 장치

(220)가 계산한 간섭의 양이 제2 임계값 보다 작은 값인 경우에, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.

[0052] 수신 장치(210)가 계산한 간섭의 양은 수신 장치(210)가 다른 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)로부터 수신하는 간섭의 양이고, 전송 장치(220)가 계산한 간섭의 양은 전송 장치(220)가 다른 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(240)로 전송하는 간섭의 양이다. 따라서, 제1 송수신 쌍은 제2 송수신 쌍과의 간섭의 영향이 각각의 임계값 보다 작은 경우에 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 추가적으로 선택될 수 있다.

[0053] 일측에 따르면, 제1 송수신 쌍뿐만이 아니라, 다른 송수신 쌍들도 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 단계(250) 내지 단계(271)을 수행할 수 있다. 이 경우에, 복수의 송수신 쌍들 중에서 제2 송수신 쌍과의 간섭의 영향이 최소인 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 추가적으로 선택될 수 있다.

[0054] 일측에 따르면, 제2 송수신 쌍뿐만이 아니라, 다른 송수신 쌍들이 이미 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되었을 수 있다. 이 경우에, 수신 장치(210)는 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 송수신 쌍들로부터 수신한 간섭의 양을 계산할 수 있다. 또한, 전송 장치(220)는 이미 선택된 송수신 쌍들로 전송하는 간섭의 양을 계산할 수 있다.

[0055] 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 경우에, 단계(280)에서, 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)는 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(210)로 데이터를 전송할 수 있다.

[0056] 단계(281)에서, 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)도 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치로 데이터를 전송할 수 있다.

[0057] 일측에 따르면, 제1 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(220)가 데이터를 전송하는 시간 구간은 제2 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(230)가 데이터를 전송하는 시간 구간과 일치하거나, 겹칠 수 있다. 두 전송 장치(220, 230)가 동시에 데이터를 전송하는 경우에도, 각 전송 장치(220, 230)는 다른 송수신 쌍에 포함된 수신 장치로 전송되는 간섭 신호의 영향을 최소화할 수 있도록 결정된 전송 가중치 벡터를 이용하므로, 간섭 신호의 영향은 감소한다. 또한, 수신 장치(210, 240)들은 다른 송수신 쌍에 포함된 전송 장치로부터의 간섭 신호를 최소화할 수 있도록 결정된 수신 가중치 벡터를 이용하여 데이터를 수신하므로, 간섭 신호의 영향은 감소한다.

[0058] 제안된 방법에 따라서 n개의 송수신 쌍들 중에서 K개의 송수신 쌍이 선택되면, 선택된 K개의 송수신 쌍들만이 데이터를 전송하고, 선택되지 않은 n-K개의 송수신 쌍은 동작하지 않는다. K개의 송수신 쌍들이 선택된 후, j번째 송수신 쌍에 포함된 수신 장치에서의 수신 신호는 하기 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0059] [수학식 1]

$$\mathbf{y}_j[t] = \sqrt{\gamma_{j,j}} \mathbf{H}_{j,j}[t] \bar{\mathbf{w}}_j[t] x_j[t] + \sum_{i=1, i \neq j}^K \sqrt{\gamma_{i,j}} \mathbf{H}_{i,j}[t] \bar{\mathbf{w}}_i[t] x_i[t] + \mathbf{z}_j[t]$$

[0060]

[0061] 여기서, $\mathbf{y}_j[t]$ 는 j번째 송수신 쌍에 포함된 수신 장치에서의 수신 신호이고, $\sqrt{\gamma_{i,j}}$ 는 i번째 송수신 쌍에 포함된 전송 장치로부터 j번째 송수신 쌍에 포함된 수신 장치까지의 경로 손실(pathloss), $\mathbf{H}_{i,j}[t]$ 은 i번째 송수신 쌍에 포함된 전송 장치로부터 j번째 송수신 쌍에 포함된 수신 장치까지의 채널 행렬로서, $\mathbf{H}_{i,j}[t] \in \mathbb{C}^{M \times M}$ 이다. 여기서, M은 전송 장치에 구비된 전송 안테나의 개수이다. $\bar{\mathbf{w}}_j[t]$ 는 j번째 송수신 쌍에 포함된 전송 장치의 전송 가중치 벡터로서, $\bar{\mathbf{w}}_j[t] \in \mathbb{C}^{M \times 1}$ 이다.

- [0062] 도 3은 예시적 실시예에 따른 수신 장치의 구조를 도시한 블록도이다.
- [0063] 예시적 실시예에 따른 수신 장치(300)는 수신부(310), 수신 가중치 벡터 결정부(320), 간섭량 계산부(330), 전송부(340)를 포함한다.
- [0064] 도 3에서 수신 장치(300)와 전송 장치(350)는 제1 송수신 쌍에 포함된다. 제2 수신 장치(362)와 제2 전송 장치(361)는 제2 송수신 쌍에 포함된다.
- [0065] 데이터를 전송하는 송수신 쌍을 선택하기 위하여, 각 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(350, 361)들은 백오프 타임을 설정할 수 있다. 일측에 따르면, 최소의 백오프 타임을 설정한 전송 장치가 포함된 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정될 수 있다.
- [0066] 도 3에서는 전송 장치(350)가 설정한 백오프 타임 보다, 전송 장치(361)이 설정한 백오프 타임이 더 작은 값일 수 있다. 이 경우에, 제2 송수신 쌍(360)이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 먼저 선택된다.
- [0067] 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 송수신 쌍(360)에 포함된 전송 장치(361)는 전송 가중치 벡터를 결정하고, 수신 장치(362)는 수신 가중치 벡터를 결정한다. 여기서, 전송 장치(361)가 결정하는 전송 가중치 벡터는 전송 장치(361)가 수신 장치(362)로 데이터를 전송하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이고, 수신 장치(362)가 결정하는 수신 가중치 벡터는 수신 장치(362)가 전송 장치(361)로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이다.
- [0068] 일측에 따르면, 전송 장치(361) 및 수신 장치(362)가 복수의 송수신 쌍들 중에서 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 최초로 선택된 경우에, 전송 장치(361) 및 수신 장치(362)는 임의로 전송 가중치 벡터 및 수신 가중치 벡터를 결정할 수 있다.
- [0069] 또는 전송 장치(361)는 I_M 의 컬럼 벡터들 중에서 어느 하나의 컬럼 벡터를 전송 가중치 벡터로 선택할 수 있다. 또한, 수신 장치(362)는 I_N 의 컬럼 벡터들 중에서 어느 하나의 컬럼 벡터를 수신 가중치 벡터로 선택할 수 있다. 여기서, I_L 은 크기가 L인 항등 행렬(identity matrix)로서, $I_L = [e_1, \dots, e_L]$ 로 나타낼 수 있다.
- [0070] 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 최초로 선택된 제2 송수신 쌍(360)에 포함된 전송 장치(361)는 제1 파일럿 신호를 전송 가중치 벡터 $\overline{w}_1$ 로 프리코딩(pre-coding)하고, 프리코딩된 제1 파일럿 신호를 제2 송수신 쌍(360)에 포함된 수신 장치(362)로 전송한다. 또한, 제2 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(362)는 제2 파일럿 신호를 수신 가중치 벡터 $\overline{u}_1$ 로 프리코딩하고, 프리코딩된 제2 파일럿 신호를 제2 송수신 쌍(360)에 포함된 전송 장치(361)로 전송한다.
- [0071] 제1 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(300)의 수신부(310)는 제2 송수신 쌍(360)에 포함된 전송 장치(361)로부터 프리코딩된 제1 파일럿 신호를 수신한다. 수신부(310)는 프리코딩된 제1 파일럿 신호를 이용하여 전송 장치(361)로부터 수신 장치(300)까지의 무선 채널을 추정할 수 있다.
- [0072] 수신 가중치 벡터 결정부(320)는 추정된 무선 채널을 이용하여 수신 가중치 벡터를 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 수신 가중치 벡터 결정부(320)는 안테나 선택 기법을 이용하여 수신 가중치 벡터를 결정할 수도 있고, 특이값 분해(SVD: Singular Value Decomposition) 기법을 이용하여 수신 가중치 벡터를 결정할 수도 있다.
- [0073] 1. 안테나 선택 기법을 이용하여 수신 가중치 벡터를 결정
- [0074] 안테나 선택 기법은 수신 장치에 구비된 복수의 안테나들 중에서 일부의 안테나만을 선택하여 데이터를 송수신

하는 기법이다. 만약 수신 장치가 1개의 안테나만을 선택하여 데이터를 수신하는 경우에, 수신 가중치 벡터는 I_N 의 컬럼 벡터들 중에서 어느 하나의 컬럼 벡터로 결정될 수 있다.

[0075] 경로 손실을 고려하지 않는 경우, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 k-1개의 전송 장치들로부터 임의의 수신 장치s(아직 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되지 않은)의 q 번째 안테나가 수신하는 간섭의 양은 하기 수학식 2과 같이 표현할 수 있다.

[0076] [수학식 2]

$$J_{AS}^{k,s,r}(q) = \sum_{j=1}^{k-1} |\mathbf{u}_s^H \mathbf{H}_{s,i} \bar{\mathbf{w}}_i|^2 = \sum_{j=1}^{k-1} |\mathbf{g}_{i,s}(q) \bar{\mathbf{w}}_i|^2$$

[0077]

[0078] 여기서, $\bar{\mathbf{w}}_i$ 는 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 i번째로 선택된 송수신 쌍에 포함된 전송 장치의 전송 가중치 벡터이고, $\mathbf{g}_{i,s}(q)$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}_{i,s}$ 의 q번째 행벡터(row vector)이다. 이 경우에, 수신 장치 s는 수신한 간섭의 양이 최소가 될 수 있도록 수신 가중치 벡터 $\bar{\mathbf{u}}_s$ 를 $\bar{\mathbf{u}}_s = \mathbf{e}_{\hat{q}_{k,s}}$ 로 선택할 수 있다. $\mathbf{e}_{\hat{q}_{k,s}}$ 의 인덱스 $\hat{q}_{k,s}$ 하기 수학식 3과 같이 결정될 수 있다.

[0079] [수학식 3]

$$\hat{q}_{k,s} = \arg \min_{1 \leq q \leq N} J_{AS}^{k,s,r}(q)$$

[0080]

[0081] 수신 가중치 벡터 결정부(320)가 수학식 3과 같이 수신 가중치 벡터를 결정한 경우에, 수신 장치(300)가 이미 선택된 전송 장치로부터 수신하는 간섭의 양은 하기 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

[0082] [수학식 4]

$$I_{AS}^{k,s,r} = \sum_{i=1}^{k-1} \gamma_{i,s} |\mathbf{g}_{i,s}(\hat{q}_{k,s}) \bar{\mathbf{w}}_i|^2$$

[0083]

[0084] 2. 특이값 분해 기법을 이용하여 수신 가중치 벡터를 결정

[0085] 경로 손실을 고려하지 않는 경우, 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 k-1개의 전송 장치들로부터 임의의 수신 장치s(아직 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되지 않은)가 수신하는 간섭의 양은 하기 수학식 5

와 같이 표현할 수 있다.

[0086] [수학식 5]

[0087]

$$J_{SVD}^{k,s,r} = \sum_{i=1}^{k-1} | \mathbf{u}_s^H \mathbf{H}_{i,s} \bar{\mathbf{w}}_i |^2 = \| \mathbf{u}_s^H \mathbf{G}^{k,s,r} \|^2$$

[0088]

여기서, $\mathbf{G}^{k,s,r} = [\mathbf{H}_{1,s} \bar{\mathbf{w}}_1, \dots, \mathbf{H}_{k-1,s} \bar{\mathbf{w}}_{k-1}]$ 이고, $\mathbf{G}^{k,s,r} \in \mathbb{C}^{N \times (k-1)}$ 이다. $\mathbf{G}^{k,s,r}$ 에 대한 SVD는 하기 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

[0089]

[수학식 6]

[0090]

$$\mathbf{G}^{k,s,r} = \mathbf{Q}^{k,s,r} \mathbf{\Sigma}^{k,s,r} (\mathbf{V}^{k,s,r})^H$$

[0091]

임의의 수신 장치 s는 수신 가중치 벡터 $\bar{\mathbf{u}}_s$ 를 하기 수학식 7과 같이 결정할 수 있다.

[0092]

[수학식 7]

[0093]

$$\bar{\mathbf{u}}_s = \arg \min_{\mathbf{q}} \| \mathbf{q}^H \mathbf{G}^{k,s,r} \|^2 = \mathbf{q}_N^{k,s,r}$$

[0094]

여기서, $\mathbf{q}_N^{k,s,r}$ 는 $\mathbf{Q}^{k,s,r}$ 의 N번째 컬럼 벡터이다. 결정된 수신 가중치 벡터 $\mathbf{q}_N^{k,s,r}$ 를 기반으로, 수학식 5에서 표현된 간섭의 양 $J_{SVD}^{k,s,r}$ 는 하기 수학식 8과 같이 표현할 수 있다.

[0095]

[수학식 8]

[0096]

$$J_{SVD}^{k,s,r} = \begin{cases} 0 & \text{if } 2 \leq k < N+1 \\ (\sigma_M^{k,s,r})^2 & \text{if } k \geq N+1 \end{cases}$$

[0097]

데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 아직 선택되지 않은 송수신 쌍에 포함된 수신 장치 s가 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 k-1개의 송수신 쌍에 각각 포함된 전송 장치로부터 수신하는 간섭의 양은 경로 손실을 고려하여 하기 수학식 9와 같이 표현할 수 있다.

[0098] [수학식 9]

[0099]

$$I_{SVD}^{k,s,r} = \sum_{i=1}^{k-1} \gamma_{i,s} |(\mathbf{q}_N^{k,s,r})^H \mathbf{H}_{i,s} \overline{\mathbf{w}}_i|^2$$

[0100] 여기서, $\overline{\mathbf{w}}_i$ 는 i번째 전송 장치가 결정한 전송 가중치 벡터이다. 간섭량 계산부(330)는 수신 가중치 벡터 및 수신된 파일럿 신호를 이용하여 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 송수신 쌍에 포함된 전송 장치로부터 수신하는 간섭의 양을 계산한다. 일측에 따르면, 간섭량 계산부(330)는 수신 가중치 벡터가 생성된 기법을 고려하여 수학식 4 또는 수학식 9에 따라서 간섭의 양을 계산할 수 있다.

[0101] 전송부(340)는 계산된 간섭의 양과 미리 결정된 제1 임계값과의 비교 결과를 전송 장치(350)로 전송한다. 일측에 따르면, 비교 결과는 전송 장치(350) 및 수신 장치(300)가 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 사용될 수 있다. 일측에 따르면, 비교 결과는 계산된 간섭의 양이 미리 결정된 제1 임계값을 초과하는지 여부를 나타내는 1비트의 정보일 수 있다.

[0102] 일측에 따르면, 복수의 송수신 쌍들이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 추가적으로 선택되기 위하여 경쟁할 수 있다. 이 경우에, 각 수신 장치가 계산한 간섭의 양은 해당 수신 장치가 포함된 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 사용될 수 있다. 이 경우에, 간섭량 계산부(330)가 계산한 간섭의 양이 다른 수신 장치가 계산한 간섭의 양보다 작은 경우에, 수신 장치(330)가 포함된 송수신 쌍은 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.

[0103] 일측에 따르면, 전송부(340)는 계산된 간섭의 양에 기반하여 비교 결과를 전송할 수 있다. 예를 들어, 전송부(340)는 계산된 간섭의 양에 비례하는 백오프 타이밍을 설정할 수 있다. 일측에 따르면, 수신 가중치 벡터가 안테나 선택기법을 이용하여 결정된 경우에, 전송부(340)는 하기 수학식 10에 따라서 백오프 타이밍을 설정할 수 있다.

[0104] [수학식 10]

[0105]

$$T_{\max} \times \frac{I_{AS}^{2,s,r}}{\epsilon_1}$$

[0106] 여기서, $T_{\max}$ 는 각 수신 장치에게 허용된 최대 대기 시간이고, $I_{AS}^{2,s,r}$ 는 계산된 간섭량이다. 또한, ϵ_1 는 제1 임계값이다.

[0107] 또한, 수신 가중치 벡터가 특이값 분해 기법을 이용하여 결정된 경우에, 전송부(340)는 하기 수학식 11에 따라서 백오프 타이밍을 설정할 수 있다.

[0108] [수학식 11]

$$T_{\max} \times \frac{I_{\text{STD}}^{k,s,r}}{\varepsilon_{k-1}}$$

[0109]

[0110]

수신 장치들 중에서, 설정된 백오프 타임의 값이 작은 수신 장치가 다른 수신 장치들보다 우선하여 비교 결과를 전송할 수 있다.

[0111]

전송 장치(350)로 전송된 비교 결과는 수신 장치(300) 및 전송 장치(350)를 포함하는 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 사용된다.

[0112]

전송 장치(350) 및 수신 장치(300)를 포함하는 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 경우에, 수신 장치(300)는 결정된 수신 가중치 벡터를 이용하여 제3 파일럿 신호를 프리코딩한다. 수신 장치(300)는 수신 가중치 벡터를 이용하여 프리코딩된 제3 파일럿 신호를 전송한다.

[0113]

일측에 따르면, 제3 송수신 쌍에 포함된 제3 전송 장치는 프리코딩된 제3 파일럿 신호를 수신하고, 제3 전송 장치로부터 수신 장치(300)로 전송되는 간섭의 양을 계산할 수 있다. 제3 전송 장치는 제3 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 추가적으로 선택되기 위하여 제3 전송 장치로부터 수신 장치(300)로 전송되는 간섭의 양을 이용할 수 있다.

[0114]

제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 경우에, 수신부(310)는 전송 장치(350)로부터 데이터를 수신한다. 수신부(310)는 수신 가중치 벡터를 이용하여 전송 장치(350)로부터 데이터를 수신할 수 있다.

[0115]

일측에 따르면, 제1 송수신 쌍(300, 350)이 데이터를 전송하는 시간 구간과 제2 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 시간 구간이 겹치거나, 동일할 수 있다. 이 경우에, 수신부(310)는 전송 장치(350)로부터 데이터를 수신하고, 그와 동시에 제2 전송 장치(361)로부터 간섭 신호를 수신한다. 수신 가중치 벡터는 제2 전송 장치(361)로부터의 간섭의 양이 최소화되도록 결정되었으므로, 이 경우에도 송수신 쌍 사이의 간섭의 영향은 최소화된다.

[0116]

도 4는 예시적 실시예에 따른 전송 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

[0117]

예시적 실시예에 다른 전송 장치(400)는 수신부(410), 전송 가중치 벡터 결정부(420), 간섭량 계산부(430) 및 전송부(440)를 포함한다.

[0118]

도 4에서 수신 장치(450)와 전송 장치(400)는 제1 송수신 쌍에 포함된다. 제2 수신 장치(461)와 제2 전송 장치(462)는 제2 송수신 쌍에 포함된다.

[0119]

데이터를 전송하는 송수신 쌍을 선택하기 위하여, 각 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(400, 462)들은 백오프 타임을 설정할 수 있다. 일측에 따르면, 최소의 백오프 타임을 설정한 전송 장치가 포함된 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정될 수 있다.

[0120]

도 4에서는 전송 장치(400)가 설정한 백오프 타임 보다, 전송 장치(462)가 설정한 백오프 타임이 더 작은 값일 수 있다. 이 경우에, 제2 송수신 쌍(460)이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 먼저 선택된다.

[0121]

데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 송수신 쌍(460)에 포함된 제2 수신 장치(461)는 수신 가중치 벡터를 결정한다. 여기서, 제2 수신 장치(461)가 결정하는 수신 가중치 벡터는 제2 수신 장치(461)가 제2 전송 장치(462)로부터 데이터를 수신하기 위하여 사용하는 가중치 벡터이다.

[0122]

제2 수신 장치(461)는 수신 가중치 벡터를 이용하여 제1 파일럿 신호를 프리코딩할 수 있다. 제2 수신 장치(461)는 프리코딩된 제1 파일럿 신호를 전송하고, 수신부(410)는 프리코딩되어 전송된 제1 파일럿 신호를 수신할 수 있다.

[0123]

전송 가중치 벡터 결정부(420)는 제1 파일럿 신호에 기반하여 수신 장치(450)로 데이터를 전송하기 위하여 사용되는 전송 가중치 벡터를 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 전송 가중치 벡터 결정부(420)는 전송 장치(400)로부터 제2 수신 장치(461)로 전송되는 간섭의 영향이 최소화되도록 전송 가중치 벡터를 결정할 수 있다.

[0124]

일측에 따르면, 전송 가중치 벡터 결정부(420)는 안테나 선택 기법을 이용하여 전송 가중치 벡터를 결정할 수도

있고, 특이값 분해 기법을 이용하여 전송 가중치 벡터를 결정할 수도 있다.

1. 안테나 선택 기법을 이용하여 전송 가중치 벡터를 결정

경로 손실을 고려하지 않는 경우, 임의의 전송 장치s(아직 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되지 않은)의 1번째 안테나가 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 k-1개의 수신 장치에게 미치는 간섭의 합은 하기 수학식 12와 같이 표현할 수 있다.

[수학식 12]

$$J_{AS}^{k,s,c}(l) = \sum_{j=1}^{k-1} |\bar{\mathbf{u}}_j^H \mathbf{H}_{s,j} \mathbf{w}_s|^2 = \sum_{j=1}^{k-1} |\bar{\mathbf{u}}_j^H \mathbf{h}_{s,j}(l)|^2$$

여기서, $\bar{\mathbf{u}}_j$ 는 j번째로 선택된 수신 장치의 수신 가중치 벡터이고, $\mathbf{h}_{s,j}(l)$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}_{s,j} = [\mathbf{h}_{s,j}(1), \dots, \mathbf{h}_{s,j}(M)]$ 의 1번째 컬럼이다. 이 경우에, 전송 가중치 벡터 결정부(420)는 영향을 미치는 간섭의 양이 최소가 될 수 있도록 전송 가중치 벡터 $\bar{\mathbf{w}}_s$ 를 $\bar{\mathbf{w}}_s = \mathbf{e}_{l_k}$ 로 설계할 수 있다. 여기서, $\mathbf{e}_{l_k}$ 는 하기 수학식 13과 같다.

[수학식 13]

$$\hat{l}_{k,s} = \arg \min_{1 \leq l \leq M} J_{AS}^{k,s,c}(l)$$

전송 가중치 벡터 결정부(420)가 수학식 13과 같이 전송 가중치 벡터를 결정한 경우에, 전송 장치(400)가 이미 선택된 수신 장치로 전송하는 간섭의 양은 하기 수학식 14와 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 14]

$$I_{AS}^{k,s,c} = \sum_{j=1}^{k-1} \gamma_{s,j} |\bar{\mathbf{u}}_j^H \mathbf{h}_{s,j}(\hat{l}_{k,s})|^2$$

2. 특이값 분해 기법을 이용하여 수신 가중치 벡터를 결정

경로 손실을 고려하지 않는 경우, 임의의 전송 장치s(아직 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되지 않은)가 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 k-1개의 전송 장치들로 전송하는 간섭의 양은 하기 수학식 15와

같이 표현할 수 있다.

[0137] [수학식 15]

$$J_{SVD}^{k,s,c} = \sum_{j=1}^{k-1} |\bar{\mathbf{u}}_j^H \mathbf{H}_{s,j} \mathbf{w}_s|^2 = \|\mathbf{G}^{k,s,c} \mathbf{w}_s\|^2$$

[0138]

[0139] 여기서, $\mathbf{G}^{k,s,c} = [(\bar{\mathbf{u}}_1^H \mathbf{H}_{s,1})^T, \dots, (\bar{\mathbf{u}}_{k-1}^H \mathbf{H}_{s,k-1})^T]^T \in \mathbb{C}^{(k-1) \times M}$ 이다. $\mathbf{G}^{k,s,c}$ 에 대한 SVD는 하기 수학식 16과 같이 표현된다.

[0140] [수학식 16]

$$\mathbf{G}^{k,s,c} = \mathbf{Q}^{k,s,c} \mathbf{\Sigma}^{k,s,c} (\mathbf{V}^{k,s,c})^H$$

[0141]

[0142] 이 경우에, 전송 가중치 벡터 결정부(420)는 전송 가중치 벡터를 하기 수학식 17과 같이 결정할 수 있다.

[0143] [수학식 17]

$$\bar{\mathbf{w}}_s = \arg \min_{\mathbf{v}} \|\mathbf{G}^{k,s,c} \mathbf{v}\|^2 = \mathbf{v}_M^{k,s,c}$$

[0144]

[0145] 여기서, $\mathbf{v}_M^{k,s,c}$ 는 $\mathbf{V}^{k,s,c}$ 의 M 번째 컬럼 벡터이다. 결정된 전송 가중치 벡터 $\mathbf{v}_M^{k,s,c}$ 를 기반으로, 수학식 15에서 표현된 간섭의 양 $J_{SVD}^{k,s,c}$ 는 하기 수학식 18과 같이 표현할 수 있다.

[0146] [수학식 18]

$$J_{SVD}^{k,s,c} = \begin{cases} 0 & \text{if } 2 \leq k < M+1 \\ (\sigma_M^{k,s,c})^2 & \text{if } k \geq M+1 \end{cases}$$

[0147]

[0148] 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 아직 선택되지 않은 송수신 쌍에 포함된 전송 장치 s가 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 이미 선택된 k-1개의 송수신 쌍에 각각 포함된 수신 장치로 전송하는 간섭의 양은 경로 손실을 고려하여 하기 수학식 19와 같이 표현할 수 있다.

[0149] [수학식 19]

$$I_{SVD}^{k,s,c} = \sum_{j=1}^{k-1} \gamma_{s,j} |\bar{\mathbf{u}}_j \mathbf{H}_{s,j} \mathbf{v}_M^{k,s,c}|^2$$

[0150]

[0151] 간섭량 계산부(430)는 전송 가중치 벡터 및 수신된 제1 파일럿 신호를 이용하여 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 송수신 쌍에 포함된 수신 장치로 전송되는 간섭의 양을 계산한다. 일측에 따르면, 간섭량 계산부(430)는 수신 가중치 벡터가 생성된 기법을 고려하여 수학식 14 또는 수학식 19에 따라서 간섭의 양을 계산할 수 있다. 계산된 간섭의 양은 전송 장치(400) 및 수신 장치(450)를 포함하는 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 사용된다.

[0152] 전송부(440)는 계산된 간섭의 양을 미리 결정된 제2 임계값과 비교하고, 계산된 간섭의 양과 제2 임계값과의 비교 결과에 따라서 제1 송수신 쌍은 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다. 일측에 따르면, 계산된 간섭의 양이 미리 결정된 제2 임계값 미만인 경우에, 전송 장치(400) 및 수신 장치(450)를 포함하는 제1 송수신 쌍은 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.

[0153] 이하 전송 가중치 벡터를 결정하는 기법에 따라서 구분하여 설명한다.

[0154] 1. 안테나 선택 기법을 이용하여 결정된 경우

[0155] 일측에 따르면, 수신부(410)는 수신 장치(450)로부터 수신 장치(450)가 제2 전송 장치(462)로부터 수신한 간섭 신호에 대한 정보를 수신할 수 있다. 일측에 따르면, 수신 장치(450)로부터 수신한 간섭 신호에 대한 정보는 수신한 간섭 신호와 미리 결정된 제1 임계값과의 비교 결과일 수 있다. 만약, 수신 장치(450)가 전송 장치(462) 수신하는 간섭의 양이 제1 임계값 미만이고, 전송 장치(400)가 수신 장치(461)로 전송하는 간섭의 양이 제2 임계값 미만인 경우에 제1 송수신 쌍은 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.

[0156] 2. 특이값 분해 기법을 이용하여 결정된 경우

[0157] k-1개의 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 결정되고, 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 k번째 송수신 쌍으로 결정될 수 있다. 이 경우에, k의 값과 전송 장치의 안테나 개수 M, 수신 장치의 안테나 개수 N의 값에 따라 구분하여 설명하기로 한다.

[0158] (1) $2 < k < \min[M, N]$

[0159] $\min[M, N]$ 은 M과 N중에서 더 작은 값을 나타낸다. 이 경우에는 전송 가중치 벡터가 안테나 선택 기법을 이용하여 선택된 경우와 유사하게 동작한다.

[0160] (2) $\min[M, N] < k < \max[M, N]$

[0161] $\max[M, N]$ 은 M과 N 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[0162] 만약 $N > M$ 이라면, $k-1$ 개의 다른 송수신 쌍에 포함된 전송 장치로부터 수신 장치로 수신되는 간섭 신호를 완전히 제거할 수 있다. 그러나, 전송 장치로부터 $k-1$ 개의 다른 송수신 쌍에 포함된 수신 장치로 전송되는 간섭 신호를 완전히 제거할 수는 없다. 따라서, 이 경우에는 수신부(410)는 수신 장치로부터 간섭 신호에 대한 정보를 피드백 받지 않고, 전송 장치로부터 $k-1$ 개의 다른 송수신 쌍에 포함된 수신 장치로 전송되는 간섭의 양만을 고려할 수 있다.

[0163] 일측에 따르면, 전송부(440)는 다른 수신 장치(462)로 전송되는 간섭의 양에 따라 백오프 타임을 설정할 수 있다. 일측에 따르면, 전송부(440)는 하기 수학식 20과 같이 백오프 타임을 설정할 수 있다.

[0164] [수학식 20]

$$T_{\max} \times \frac{I_{SVD}^{k,s,c}}{\varepsilon_{k-1}}$$

[0165]

[0166] 만약 복수의 송수신 쌍들이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택되기 위하여 경쟁한다면, 설정된 백오프 타임의 값이 가장 작은 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.

[0167] 만약 $M > N$ 이라면, 전송 장치(400)로부터 $k-1$ 개의 다른 송수신 쌍에 포함된 수신 장치(462)로 수신되는 간섭 신호를 완전히 제거할 수 있다. 그러나, $k-1$ 개의 다른 송수신 쌍에 포함된 전송 장치(461)로부터 수신 장치(450)로 전송되는 간섭 신호를 완전히 제거할 수는 없다. 따라서, $k-1$ 개의 전송 장치(461)로부터 수신 장치(450)로 전송되는 간섭 신호만을 고려할 수 있다. 따라서, 수신 장치에서 설정된 백오프 타임의 값이 가장 작은 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택될 수 있다.

[0168] 제1 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 송수신 쌍으로 선택된 경우에, 전송부(440)는 수신 장치(450)로 데이터를 전송한다. 전송부(440)는 전송 가중치 벡터를 이용하여 수신 장치(450)로 데이터를 전송할 수 있다.

[0169] 일측에 따르면, 제1 송수신 쌍(400, 450)이 데이터를 전송하는 시간 구간과 제2 송수신 쌍이 데이터를 전송하는 시간 구간이 겹치거나, 동일할 수 있다. 이 경우에, 전송 장치(440)가 전송한 데이터는 제2 송수신 쌍(460)의 수신 장치(462)로 간섭 신호로 작용한다. 전송 가중치 벡터는 제2 수신 장치(462)로부터의 간섭의 양이 최소화 되도록 결정되었으므로, 이 경우에도 송수신 쌍 사이의 간섭의 영향은 최소화된다.

[0170] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0171] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태

로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0172] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0173] 100: 무선 네트워크

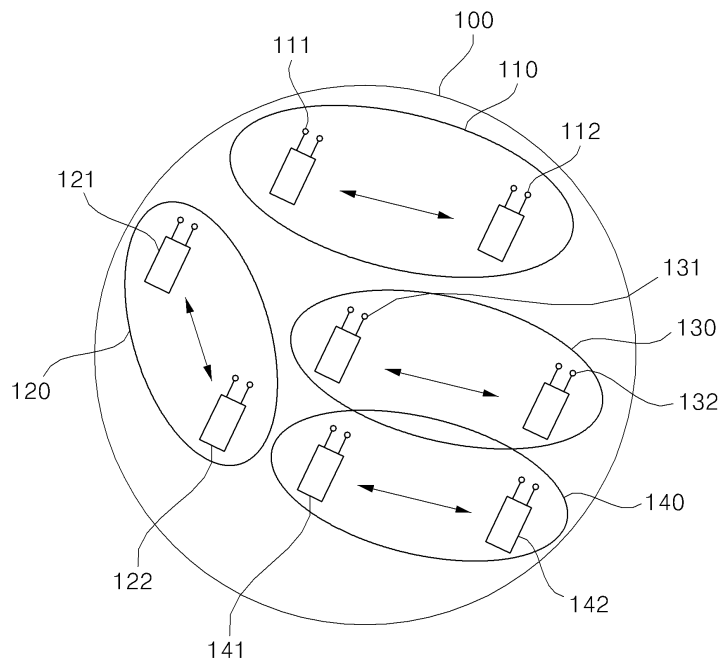
110, 120, 130, 140: 송수신 쌍

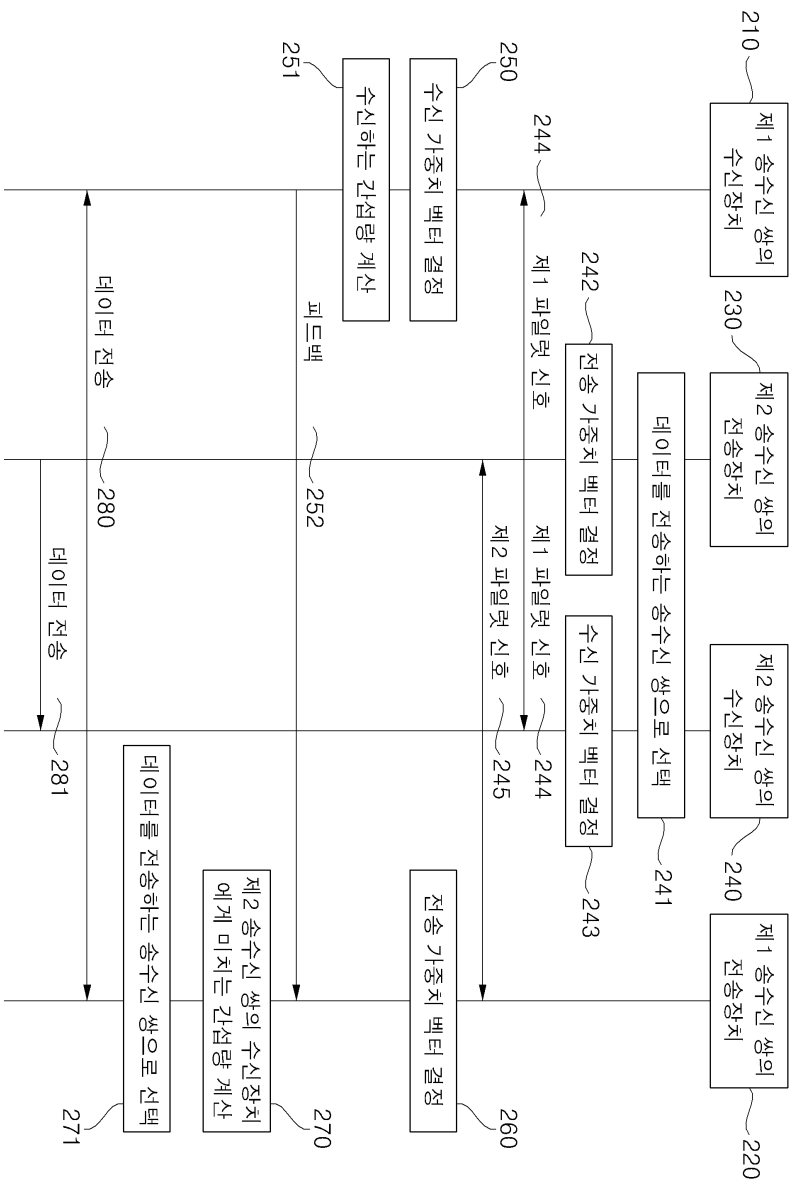
111, 121, 131, 141: 전송 장치

112, 122, 132, 142: 수신 장치

도면

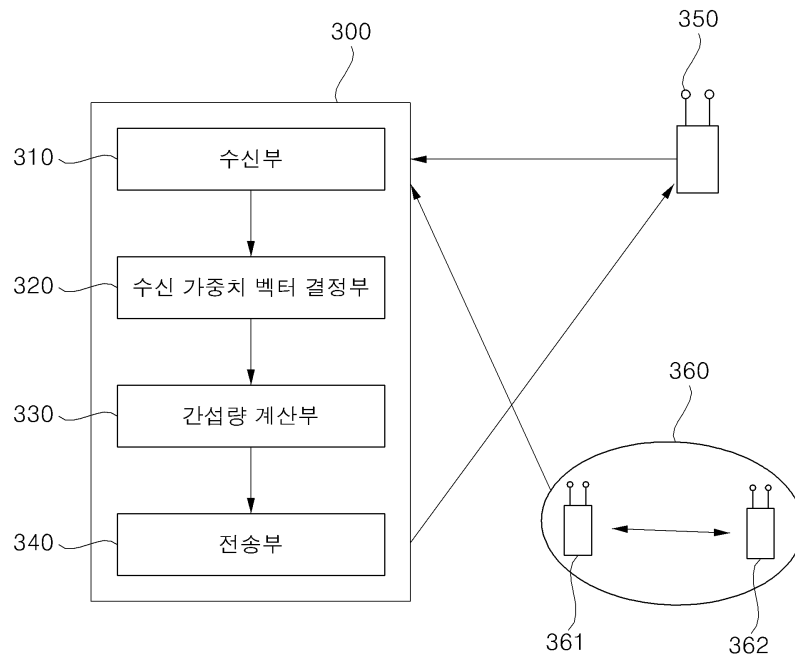
도면1





도면2

도면3



도면4

