



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0022889
(43) 공개일자 2020년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 1/06 (2006.01) H04L 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 1/0637 (2013.01)
H04B 7/212 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0099079
(22) 출원일자 2018년08월24일
심사청구일자 2018년08월24일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
정방철
대전광역시 서구 관저동로90번길 15 관저리슈빌아파트 103동 602호
염정선
충청남도 논산시 은진면 탑정로639번길 13-7
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
방영석, 강태훈, 나선균

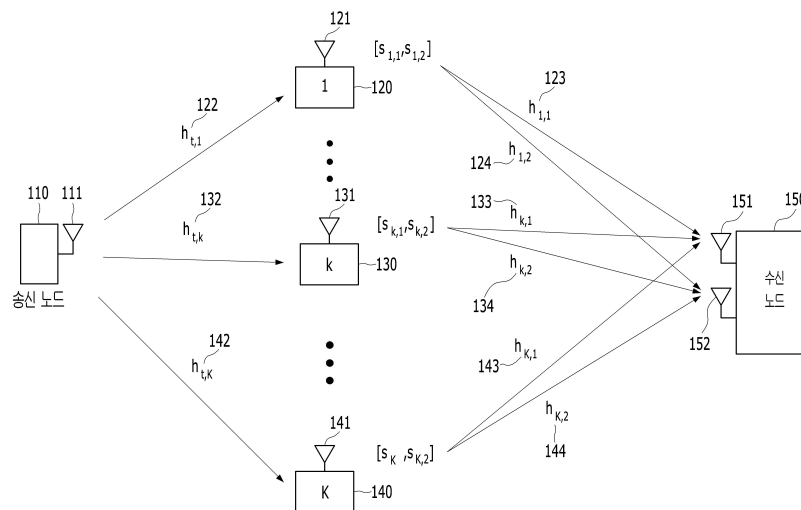
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 다중 중계 노드 환경에서 분산 시공간 선 부호를 사용한 협업통신 시스템

(57) 요약

중계 노드를 경유하여 송신 노드와 수신 노드 사이에 데이터를 전송하는 협업 통신 시스템이 개시된다. 개시된 협업 통신 시스템은 복수의 중계 노드들 중에서 송신 노드로부터의 데이터를 성공적으로 수신하여 복호한 중계 노드들만이 수신 노드로 데이터를 전송한다. 중계 노드들은 시공간 선 부호화 기법을 이용하여 데이터를 부호화하므로 수신 장치는 간단한 수신 기법을 이용하여 데이터를 수신할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04L 1/0042 (2013.01)

H04L 1/0047 (2013.01)

(72) 발명자

윤장혁

세종특별자치시 누리로 27, 616동 2102호(한솔동,
첫마을6단지)

정진곤

서울특별시 동작구 흑석로 84 중앙대학교 310관
634호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711071855

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 실시간 IoT서비스 실현을 위한 포그 컴퓨팅 네트워크 원천기술

기 여 율 1/1

주관기관 충남대학교산학협력단

연구기간 2018.04.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

송신 노드로부터 데이터를 수신하는 수신부;

상기 수신한 데이터를 시공간 선 부호화하는 부호화부;

상기 시공간 선 부호화된 데이터를 복수의 수신 안테나를 구비한 수신 노드로 전송하는 전송부를 포함하는 중계 노드.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수신부가 수신한 데이터가 성공적으로 복호되는지 여부를 판단하는 판단부

를 더 포함하고,

상기 전송부는 상기 수신한 데이터가 성공적으로 복호된 경우에 상기 시공간 선 부호화된 데이터를 전송하는 중계 노드.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서, 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 추정하는 추정부

를 더 포함하고,

상기 부호화부는 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 상기 수신한 데이터를 시공간 선 부호화하는 중계 노드.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 부호화부는

상기 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 수신 안테나까지의 무선 채널을 고려하여 상기 수신한 데이터를 시공간 선 부호화하는 중계 노드.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 부호화부는

하기 수학식 1에 따라서 상기 시공간 선 부호화를 수행하고,

[수학식 1]

$$S_{k,1} = \frac{h_{k,1}^* x_1 + h_{k,2}^* x_2}{\sqrt{N} \|h_k\|}, \quad S_{k,2} = \frac{h_{k,2}^* x_1 - h_{k,1}^* x_2}{\sqrt{N} \|h_k\|}$$

여기서, k 는 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 중계 노드의 인덱스이고, $h_{k,1}$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k 번째 중계 노드로부터 상

기 수신 노드의 첫 번째 수신 안테나까지의 무선 채널을 나타내고, $h_{k,2}$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 두 번째 수신 안테나까지의 무선 채널을 나타낸다. x_1 은 상기 송신 노드가 전송하여 상기 수신부가 수신한 제1 데이터 심볼이고, x_2 는 상기 송신 노드가 전송하여 상기 수신부가 수신한 제2 데이터 심볼이다.

N 은 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서, 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 나타낸다. $\|h_k\|$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드 사이의 무선 채널 벡터의 크기이다.

상기 전송부는

제1 시간 슬롯 동안에는 상기 $s_{k,1}$ 를 전송하고, 제2 시간 슬롯 동안에는 상기 $s_{k,2}$ 를 전송하는 중계 노드.

청구항 6

적어도 하나 이상의 중계 노드를 경유하여 데이터를 수신 노드로 전송하는 송신 노드에 있어서,

복수의 중계 노드로 데이터를 전송하는 전송부

를 포함하고,

상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 각 중계 노드에서 시공간 선 부호화되어 상기 수신 노드로 전송되는 송신 노드.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 상기 복수의 중계 노드들 중에서 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드들에서만 상기 수신 노드로 전송되는 송신 노드.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 복수의 중계 노드들 중에서 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수가 추정되고,

상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 시공간 선 부호화되는 송신 노드.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 상기 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 수신 안테나까지의 무선 채널을 고려하여 시공간 선 부호화되는 송신 노드.

청구항 10

복수의 수신 안테나를 구비한 수신 노드에 있어서,

상기 각 수신 안테나를 이용하여 송신 노드로부터 데이터를 수신한 중계 노드로부터 시공간 선 부호화된 데이터를 수신하는 수신부; 및

상기 수신된 시공간 선 부호화된 데이터를 복호하는 복호화부

를 포함하는 수신 노드.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 수신부는 상기 송신 노드로부터 데이터를 수신한 중계 노드들 중에서, 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 중계노드들로부터만 상기 시공간 선 부호화된 데이터를 수신하는 수신 노드.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 시공간 선 부호화된 데이터는,

상기 송신 노드로부터 데이터를 수신한 중계 노드들 중에서, 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 시공간 선 부호화된 것인 수신 노드.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 시공간 선 부호화된 데이터는,

상기 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 상기 각 수신 안테나까지의 무선 채널을 고려하여 시공간 선 부호화된 것인 수신 노드.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 복호화부는 하기 수학식 2에 따라서 상기 수신된 시공간 선 부호화된 데이터를 복호하는 수신 노드.

[수학식 2]

$$\widehat{x}_1 = r_{1,1} + r_{2,2}^*$$

$$\widehat{x}_2 = r_{2,1}^* - r_{1,2}$$

여기서, x_1 은 상기 송신 노드가 전송한 제1 데이터 심볼이고, x_2 는 상기 송신 노드가 전송한 제2 데이터 심볼이다. $r_{1,1}$ 는 첫 번째 시간 슬롯 동안 제1 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이고, $r_{1,2}$ 는 첫 번째 시간 슬롯 동안 제2 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이고, $r_{2,1}$ 는 두 번째 시간 슬롯 동안 제1 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이고, $r_{2,2}$ 는 두 번째 시간 슬롯 동안 제2 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

하기의 실시예들은 협업통신 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는 송신 노드로부터 데이터를 성공적으로 수신한 중계노드들이 시공간 선부호(STLC: Space Time Line Code)를 이용하여 수신 노드로 데이터를 전송하는 협업 통신 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

송신 노드와 수신 노드 사이에 다중 중계 노드가 존재하는 협업 통신 시스템은 공간 다이버시티를 제공함으로써 시스템 성능을 향상할 수 있는 방법으로 알려져 있다. 특히, 송신 노드로부터 도착한 패킷의 복호에 성공한 다중 중계 노드들에서 최대비 전송(MRT: Maximum Ratio Transmission)을 활용하는 것이 최적의 다이버시티 효과를 얻는 것으로 알려져 있다. 그러나 MRT를 구현하기 위해서는 복호에 성공한 중계 노드들과 수신 노드 사이의 순시적 (instantaneous) 무선 채널 정보를 수신 노드가 획득하고 계산하여 복호에 성공한 중계 노드들에게 매순간

피드백해야 하고 이는 시스템 운영에 큰 부담을 준다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 하기의 실시예들은 송신 노드와 수신 노드 사이에 다중 중계 노드가 존재하는 협업 통신 시스템의 성능을 향상하는 것을 목적으로 한다.

[0004] 하기의 실시예들은 시공간 선 부호를 사용하여 다중 안테나를 사용하는 수신 노드에서 간단한 방법으로 수신 신호를 복호하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 예시적 실시예에 따르면, 송신 노드로부터 데이터를 수신하는 수신부, 상기 수신한 데이터를 시공간 선 부호화하는 부호화부, 및 상기 시공간 선 부호화된 데이터를 복수의 수신 안테나를 구비한 수신 노드로 전송하는 전송부를 포함하는 중계 노드가 개시된다.

[0006] 여기서, 상기 수신부가 수신한 데이터가 성공적으로 복호되는지 여부를 판단하는 판단부를 더 포함하고, 상기 전송부는 상기 수신한 데이터가 성공적으로 복호된 경우에 상기 시공간 선 부호화된 데이터를 전송할 수 있다.

[0007] 그리고, 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서, 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 추정하는 추정부를 더 포함하고, 상기 부호화부는 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 상기 수신한 데이터를 시공간 선 부호화할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 부호화부는 상기 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 수신 안테나까지의 무선 채널을 고려하여 상기 수신한 데이터를 시공간 선 부호화할 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 부호화부는 하기 수학적 식 1에 따라서 상기 시공간 선 부호화를 수행하고,

[0011] [수학적 식 1]

$$S_{k,1} = \frac{h_{k,1}^* x_1 + h_{k,2}^* x_2}{\sqrt{N} \|h_k\|}, \quad S_{k,2} = \frac{h_{k,2}^* x_1 - h_{k,1}^* x_2}{\sqrt{N} \|h_k\|}$$

[0013]

[0015] 여기서, k 는 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 중계 노드의 인덱스이고, $h_{k,1}$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k 번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 첫 번째 수신 안테나까지의 무선 채널을 나타내고, $h_{k,2}$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k 번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 두 번째 수신 안테나까지의 무선 채널을 나타낸다. x_1 은 상기 송신 노드가 전송하여 상기 수신부가 수신한 제1 데이터 심볼이고, x_2 는 상기 송신 노드가 전송하여 상기 수신부가 수신한 제2 데이터 심볼이다.

[0016] N 은 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서, 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 나타낸다. $\|h_k\|$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k 번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드 사이의 무선 채널 벡터의 크기이다.

- [0017] 상기 전송부는 제1 시간 슬롯 동안에는 상기 $S_{k,1}$ 를 전송하고, 제2 시간 슬롯 동안에는 상기 $S_{k,2}$ 를 전송할 수 있다.
- [0018] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 적어도 하나 이상의 중계 노드를 경유하여 데이터를 수신 노드로 전송하는 송신 노드에 있어서, 복수의 중계 노드로 데이터를 전송하는 전송부를 포함하고, 상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 각 중계 노드에서 시공간 선 부호화되어 상기 수신 노드로 전송될 수 있다.
- [0019] 여기서, 상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 상기 복수의 중계 노드들 중에서 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드들에서만 상기 수신 노드로 전송될 수 있다.
- [0020] 그리고, 상기 복수의 중계 노드들 중에서 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수가 추정되고, 상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 시공간 선 부호화될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 복수의 중계 노드로 전송된 데이터는 상기 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 수신 안테나까지의 무선 채널을 고려하여 시공간 선 부호화될 수 있다.
- [0022] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 복수의 수신 안테나를 구비한 수신 노드에 있어서, 상기 각 수신 안테나를 이용하여 송신 노드로부터 데이터를 수신한 중계 노드로부터 시공간 선 부호화된 데이터를 수신하는 수신부 및 상기 수신된 시공간 선 부호화된 데이터를 복호하는 복호화부를 포함하는 수신 노드가 개시된다.
- [0023] 여기서, 상기 수신부는 상기 송신 노드로부터 데이터를 수신한 중계 노드들 중에서, 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 중계노드들로부터만 상기 시공간 선 부호화된 데이터를 수신할 수 있다.
- [0024] 그리고, 상기 시공간 선 부호화된 데이터는, 상기 송신 노드로부터 데이터를 수신한 중계 노드들 중에서, 상기 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 시공간 선 부호화된 것일 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 시공간 선 부호화된 데이터는, 상기 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 상기 각 수신 안테나까지의 무선 채널을 고려하여 시공간 선 부호화된 것일 수 있다.
- [0026] 여기서, 상기 복호화부는 하기 수학식 2에 따라서 상기 수신된 시공간 선 부호화된 데이터를 복호할 수 있다.

[0028] [수학식 2]

$$x_1 = r_{1,1} + r_{2,2}^*$$

$$x_2 = r_{2,1}^* - r_{1,2}$$

[0030]

- [0032] 여기서, x_1 은 상기 송신 노드가 전송한 제1 데이터 심볼이고, x_2 는 상기 송신 노드가 전송한 제2 데이터 심볼이다. $r_{1,1}$ 는 제1 시간 슬롯 동안 제1 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이고, $r_{1,2}$ 는 제1 시간 슬롯 동안 제2 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이고, $r_{2,1}$ 는 제1 시간 슬롯 이후의 제2 시간 슬롯 동안 제1 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이고, $r_{2,2}$ 는 제2 시간 슬롯 동안 제2 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이다.

발명의 효과

- [0033] 하기의 실시예들에 따르면, 송신 노드와 수신 노드 사이에 다중 중계 노드가 존재하는 협업 통신 시스템의 성능이 향상된다.

[0034] 하기의 실시예들에 따르면, 시공간 선 부호를 사용하여 다중 안테나를 사용하는 수신 노드에서 간단한 방법으로 수신 신호를 복호화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 예시적 실시예에 따른 협업 통신 시스템의 개념을 도시한 도면이다.

도 2는 예시적 실시예에 따른 송신 노드의 구조를 도시한 블록도이다.

도 3은 예시적 실시예에 따른 중계 노드의 구조를 도시한 블록도이다.

도 4는 예시적 실시예에 따른 수신 노드의 구조를 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0037] 도 1은 예시적 실시예에 따른 협업 통신 시스템의 개념을 도시한 도면이다.

[0038] 예시적 실시예에 따른 협업 통신 시스템은 송신 노드(110), 복수의 중계 노드(120, 130, 140) 및 수신 노드(150)를 포함한다. 도 1에 도시된 실시예에서, 송신 노드(110)의 송신 안테나(111)는 1개이다. 중계 노드(120, 130, 140)는 1개의 안테나(121, 131, 141)를 구비하고 있으며, 수신 노드(150)는 복수의 수신 안테나(151, 152)를 구비한 것으로 가정한다. 이하 본 명세서에서는 수신 노드(150)가 2개의 수신 안테나(151, 152)를 구비한 실시예에 대해서 설명하지만, 수신 노드(150)의 수신 안테나(151, 152)의 개수가 더 많은 경우에도 본 발명은 유사한 방법으로 적용될 수 있다.

[0039] 도 1에 도시된 협업 통신 시스템은 시공간 선 부호(STLC: Space Time Line Code)를 이용한 2 홵(2 hop) 반이중 통신 시스템이다. 송신 노드(110)는 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 를 복수의 중계 노드들(120, 130, 140)로 전송한다. 송신 노드(110)의 송신 안테나(111)로부터 중계 노드들(120, 130, 140)의 안테나(121, 131, 141)까지의 무선 채널을 $h_{t,k}$ 라고 할 수 있다. 여기서, k는 중계 노드(120, 130, 140)를 나타내는 인덱스이다.

[0040] 이 경우에, 각 중계 노드(120, 130, 140)들이 송신 노드(110)로부터 수신한 신호는 하기 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0042] [수학식 1]

$$y_k = h_{t,k} \sqrt{P_t} x_t + n_k$$

[0044]

[0046] 여기서, y_k 는 k번째 중계 노드가 수신한 신호를 나타낸다. P_t 는 송신 노드의 전송 전력이고, n_k 는 k번째

중계 노드에서의 열 잡음으로, 분포 $\mathcal{CN}(0, N_0)$ 를 따른다고 가정할 수 있다. x_t 는 데이터 심볼이다. 일측에 따르면, 중계 노드들(120, 130, 140)은 최대 T개의 데이터 심볼을 이용하여 시공간 선 부호화를 수행할 수 있다. 이하 본 명세서에서는 중계 노드들이 2개의 데이터 심볼을 이용하여 시공간 선 부호화를 수행하는 실시예를 설명한다. 그러나, 시공간 선 부호화에 이용되는 데이터 심볼의 개수가 더 많은 경우에도 본 발명은 유사한 방법으로 적용될 수 있다.

[0048] 복수의 중계 노드들(120, 130, 140)들 중에서, 일부 중계 노드들(120, 130)만이 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 를 수신하여 복호할 수 있다. 일측에 따르면, 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 의 복호에 성공한 중계 노드의 집합(D)는 하기 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

[0050] [수학식 2]

$$D = \{k \in \{1, 2, \dots, K\} : |h_{t,k}|^2 \geq R'\}, \quad R' = (2^{2R} - 1)/\rho$$

[0054] 여기서, R 은 송신 노드(110)에서 수신 노드(150)까지 요구되는 전송률을 의미한다. 도 1에 도시된 실시예와 같이 2 홉을 사용하는 통신 시스템은 듀티 사이클 동안 주파수 효율이 감소되는 것을 보상하기 위해 송신 노드(110)와 수신 노드(150)가 직접 통신하는 시스템보다 데이터 전송률을 두배 증가시켜야 한다. $\rho = P_t/N_0$ 는 송신 SNR을 의미한다.

[0056] 데이터 심볼을 수신하여 복호한 일부 중계 노드들(120, 130)은 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 을 이용하여 시공간 선 부호화를 수행한다. 이 경우에, 일부 중계 노드들(120, 130)은 자신(120, 130)으로부터 수신 노드(150)사이의 무선 채널을 알고 있다고 가정한다. 예를 들어, 일부 중계 노드들(120, 130)은 수신 노드(150)로부터 파일럿 신호를 수신하고, 수신 노드(150)로부터 일부 중계 노드들(120, 130) 사이의 무선 채널을 파악할 수 있다. 만약 시분할 이중화(TDD: Time Division Duplex) 시스템인 경우에, 상향 링크와 하향링크간의 동일성(channel reciprocity)로 인하여 중계 노드들(120, 130)은 자신(120, 130)으로부터 수신 노드(150)사이의 무선 채널을 알 수 있다.

[0057] 일부 중계 노드들(120, 130)이 시공간 선 부호화를 수행한 경우에, 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 은 하기 수학식 3같이 부호화될 수 있다.

[0059] [수학식 3]

$$S_{k,1} = \frac{h_{k,1}^* x_1 + h_{k,2}^* x_2}{\sqrt{N} \|h_k\|}, \quad S_{k,2} = \frac{h_{k,2}^* x_1 - h_{k,1}^* x_2}{\sqrt{N} \|h_k\|}$$

[0063] 여기서, k 는 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 중계 노드의 인덱스이고, $h_{k,1}$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 첫 번째 수신 안테나까지의 무선 채널을 나타내고, $h_{k,2}$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드의 두 번째 수신 안테나까지의 무선 채널을 나타낸다. x_1 은 상기 송

신 노드가 전송하여 상기 수신부가 수신한 제1 데이터 심볼이고, $\mathbf{x}_2$ 는 상기 송신 노드가 전송하여 상기 수신부가 수신한 제2 데이터 심볼이다.

N 은 상기 송신 노드로부터 상기 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서, 상기 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 나타낸다. $\|\mathbf{h}_k\|$ 는 수신한 데이터를 성공적으로 복호한 k번째 중계 노드로부터 상기 수신 노드 사이의 무선 채널 벡터의 크기이다.

일측에 따르면, 일부 중계 노드(120, 130)는 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 하기 수학적 식 4와 같이 추정할 수 있다.

[수학적 식 4]

$$N \triangleq \mathbb{E}[|D|] = \sum_{k=1}^K k \binom{K}{k} \left(e^{-R'/\sigma_1^2} \right)^k \left(1 - e^{-R'/\sigma_1^2} \right)^{K-k}$$

여기서, $|D|$ 는 복호에 성공한 중계 노드 집합에 속하는 원소의 개수를 나타내고, P_r 은 중계 노드들이 사용하는 전체 전력을 나타낸다. $n_{j,i}$ 는 i번째 시간 슬롯에서 수신 노드(150)의 j번째 번째 수신 안테나에서 발생한 잡음으로, $\mathcal{CN}(0, N_0)$ 를 따른다고 가정한다.

일측에 따르면, 일부 중계 노드(120, 130)는 두 개의 시간 슬롯을 이용하여 전송될 수 있다. 예를 들어, 일부 중계 노드(120, 130) 중 k번째 중계 노드는 제1 시간 슬롯 동안에는 상기 $s_{k,1}$ 를 전송하고, 제2 시간 슬롯 동안에는 상기 $s_{k,2}$ 를 전송할 수 있다.

수신 노드(150)가 복수의 수신 안테나(151, 152)를 이용하여 복수의 슬롯 동안 신호를 수신한다. 수신 노드(150)가 2개의 수신 안테나(151)를 이용하고, 시공간 선 부호화된 데이터 심볼들이 2개의 시간 슬롯 동안 전송된 경우에, 수신 노드(150)가 두 시간 슬롯 동안 수신한 신호는 하기 수학적 식 5와 같이 표현할 수 있다.

[수학적 식 5]

$$\begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} \\ r_{2,1} & r_{2,2} \end{bmatrix} = \sum_{k=1}^{|D|} \frac{\mathbf{h}_k^T}{\|\mathbf{h}_k\|} \frac{\sqrt{P_r}}{N} \begin{bmatrix} s_{k,1} & s_{k,2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{1,1} & n_{1,2} \\ n_{2,1} & n_{2,2} \end{bmatrix}$$

여기서, $r_{j,i}$ 는 i번째 시간 슬롯동안에 j번째 수신 안테나를 이용하여 수신한 수신 신호이고,

$\mathbf{h}_k = [h_{k,1} \ h_{k,2}]$ 는 k번째 중계 노드와 수신 노드 사이의 무선 채널 벡터이고, 모든 채널은 $\mathcal{CN}(0, \sigma_2^2)$ 분포를 따른다.

[0082] 이 경우에, 수신 노드(150)는 하기 수학식 6과 같이 두 시간 슬롯 동안 수신한 네 개의 수신 신호를 결합하여 시공간 선 부호화된 데이터를 복호할 수 있다.

[0084] [수학식 6]

$$\hat{x}_1 = r_{1,1} + r_{2,2}^*$$

$$\hat{x}_2 = r_{2,1}^* - r_{1,2}$$

[0086]

[0087] 여기서, $\hat{x}_1$ 는 복호된 제1 데이터 심볼이고, $\hat{x}_2$ 는 복호된 제2 데이터 심볼이다.

[0089] 도 2는 예시적 실시예에 따른 송신 노드의 구조를 도시한 블록도이다.

[0090] 예시적 실시예에 따른 송신 노드(200)는 전송부(210) 및 송신 안테나(211)를 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 송신 노드(200)는 적어도 하나 이상의 중계 노드(220, 230, 240)를 경유하여 데이터를 수신 노드(250)로 전송한다.

[0091] 전송부(210)는 복수의 중계 노드(220, 230, 240)로 데이터를 전송한다. 일측에 따르면, 전송부(210)는 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 를 복수의 중계 노드(220, 230, 240)로 전송할 수 있다.

[0092] 복수의 중계 노드들(220, 230, 240) 중에서 일부의 중계 노드들(220, 230)만이 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 을 성공적으로 수신하여 복호할 수 있다.

[0093] 일측에 따르면, 수신한 데이터의 복호에 성공한 일부의 중계 노드들(220, 230)은 송신 노드(200)로부터 수신한 데이터를 수신 노드(250)로 전송할 수 있다.

[0094] 일측에 따르면, 수신한 데이터의 복호에 성공한 일부의 중계 노드들(220, 230)은 일부의 중계노드들(220, 230)로부터 수신 노드(250)의 수신 안테나(251, 252)까지의 무선 채널을 고려하여 수신한 데이터를 시공간 선 부호화하고, 부호화된 데이터를 수신 노드(250)의 수신 안테나(251, 252)로 전송할 수 있다.

[0095] 일측에 따르면, 일부 중계 노드들(220, 230)은 수학식 3에 따라 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 을 시공간 선 부호화하고, 시공간 선 부호화된 데이터 심볼들을 수신 노드(250)로 전송할 수 있다.

[0096] 일측에 따르면, 일부의 중계 노드들(220, 230)은 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 추정하고, 데이터의 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 시공간 선 부호화할 수 있다.

[0097] 일측에 따르면, 일부의 중계 노드들(220, 230)은 중계 노드(220, 230)의 안테나(221, 231)로부터 수신 노드(250)의 수신 안테나(251, 252)까지의 무선 채널을 고려하여 시공간 선 부호화될 수 있다.

[0099] 도 3은 예시적 실시예에 따른 중계 노드의 구조를 도시한 블록도이다.

[0100] 예시적 실시예에 따른 중계 노드(300)는 안테나(351), 수신부(310), 판단부(320), 추정부(330), 부호화부(340)

및 전송부(350)를 포함할 수 있다.

- [0101] 수신부(310)는 안테나(351)를 이용하여 송신 노드(360)로부터 데이터를 수신한다. 일측에 따르면, 수신부(310)는 송신 노드(360)로부터 제1 데이터 심볼 x_1 및 제2 데이터 심볼 x_2 를 수신할 수 있다.
- [0102] 판단부(320)는 수신부(310)가 수신한 데이터가 성공적으로 복호되었는지 여부를 판단한다. 일측에 따르면, 수신부(310)가 수신한 데이터가 성공적으로 복호되지 않을 수 있다. 이 경우에, 추정부(330), 부호화부(340), 전송부(350)는 수신한 데이터를 수신 노드(360)로 전송하기 위한 동작을 수행하지 않고, 대기할 수 있다. 다른 측면에 따르면, 수신부(310)가 수신한 데이터가 성공적으로 복호될 수 있다. 이 경우에, 추정부(330), 부호화부(340) 및 전송부(350)는 수신한 데이터를 수신 노드(360)로 전송하기 위한 동작을 수행할 수 있다. 이하에서는 수신부(310)가 수신한 데이터가 성공적으로 복호된 경우를 가정하여 추정부(330), 부호화부(340) 및 전송부(350)의 동작을 설명한다.
- [0103] 추정부(330)는 송신 노드(360)로부터 데이터를 수신한 복수의 중계 노드들 중에서, 데이터를 성공적으로 복호한 중계 노드들의 개수를 추정한다. 일측에 따르면, 추정부(330)는 수학적 식 4에 따라서 데이터를 성공적으로 복호한 중계 노드들의 개수를 추정할 수 있다.
- [0104] 부호화부(340)는 수신한 데이터를 시공간 선 부호화한다. 일측에 따르면, 부호화부(340)는 중계 노드(300)의 안테나(351)로부터 수신 노드(360)의 수신 안테나(361, 362)까지의 무선 채널을 고려하여 수신한 데이터를 시공간 선 부호화 할 수 있다. 또한, 부호화부(340)는 복호에 성공한 중계 노드의 개수를 고려하여 수신한 데이터를 시공간 선 부호화할 수 있다. 일측에 따르면, 부호화부(340)는 수학적 식 3에 따라서 부호화를 수행할 수 있다.
- [0105] 전송부(350)는 수신한 데이터가 성공적으로 복호된 경우에, 시공간 선 부호화된 데이터를 수신 노드(360)로 전송한다. 수신 노드(360)는 복수의 수신 안테나(361, 362)를 구비할 수 있다. 일측에 따르면, 전송부(350)는 수학적 식 3에 따라서 부호화된 데이터를 복수의 시간 슬롯 동안에 수신 노드(360)로 전송할 수 있다.
- [0107] 도 4는 예시적 실시예에 따른 수신 노드의 구조를 도시한 블록도이다.
- [0108] 예시적 실시예에 따른 수신 노드(400)는 복수의 수신 안테나(421, 422), 수신부(410) 및 복호화부(420)를 포함한다.
- [0109] 수신부(410)는 복수의 수신 안테나(421, 422)를 이용하여 중계 노드(430, 440)로부터 시공간 선 부호화된 데이터를 수신한다. 일측에 따르면, 각 중계 노드들(430, 440, 450)은 송신 노드(미도시)로부터 데이터를 수신하지만, 그 중에서 일부의 중계 노드들(430, 440)만이 데이터의 복호에 성공할 수 있다. 이 경우, 데이터의 복호에 성공한 일부의 중계 노드들(430, 440)만이 수신한 데이터를 수신 노드(400)로 전송할 수 있다.
- [0110] 일측에 따르면, 수신부(410)가 수신한 시공간 선 부호화된 데이터는 복수의 중계 노드들(430, 440, 450) 중에서 데이터의 복호에 성공한 중계 노드(430, 440)의 개수를 고려하여 시공간 선 부호화된 것일 수 있다.
- [0111] 일측에 따르면, 수신부(410)가 수신한 시공간 선 부호화된 데이터는 데이터의 복호에 성공한 중계 노드(430, 440)의 안테나(431, 441)로부터 수신 노드(400)의 수신 안테나(421, 422)까지의 무선 채널을 고려하여 시공간 선 부호화된 것일 수 있다.
- [0112] 일측에 따르면, 수신부(410)가 수신한 시공간 선 부호화된 데이터는 수학적 식 3에 따라서 시공간 선 부호화된 것일 수 있다. 이 경우에, k번째 중계 노드의 수신부(410)는 제1 시간 슬롯 동안에는 $S_{k,1}$ 를 수신하고, 제2 시간 슬롯 동안에는 $S_{k,2}$ 를 수신할 수 있다.
- [0113] 일측에 따르면, 수신부(410)가 수신한 시공간 선 부호화된 데이터는 수학적 식 3에 따라서 시공간 선 부호화된 것일 수 있다. 수신부(410)가 수신한 수신 신호는 수학적 식 5와 같이 나타낼 수 있다.
- [0114] 복호화부(420)는 수신된 시공간 선 부호화된 데이터를 복호할 수 있다. 수신부(410)가 수신한 데이터가 수학적 식 3에 따라서 부호화된 경우, 복호화부(420)는 수학적 식 6에 따라서 시공간 선부호화된 데이터를 복호할 수 있다.
- [0116] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판

독 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.

[0118] 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 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

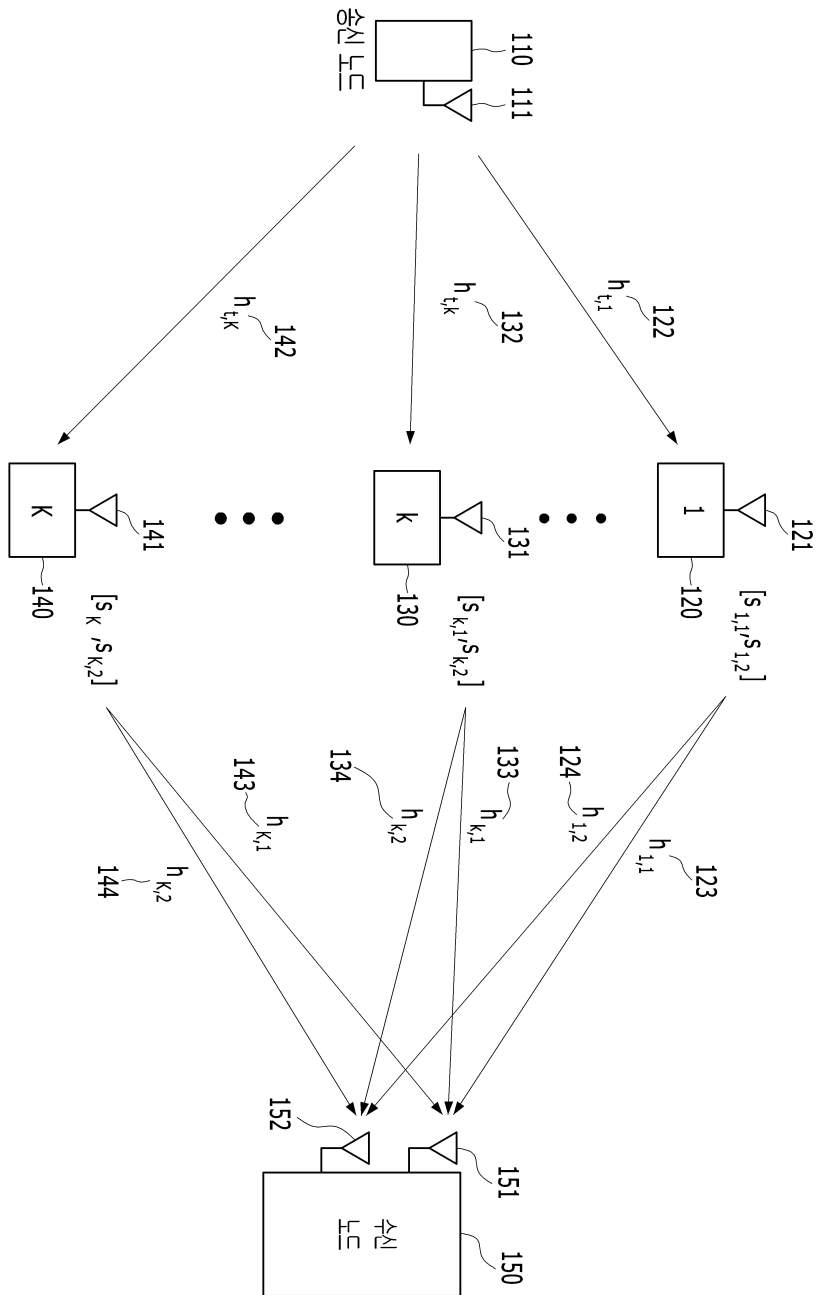
[0119] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

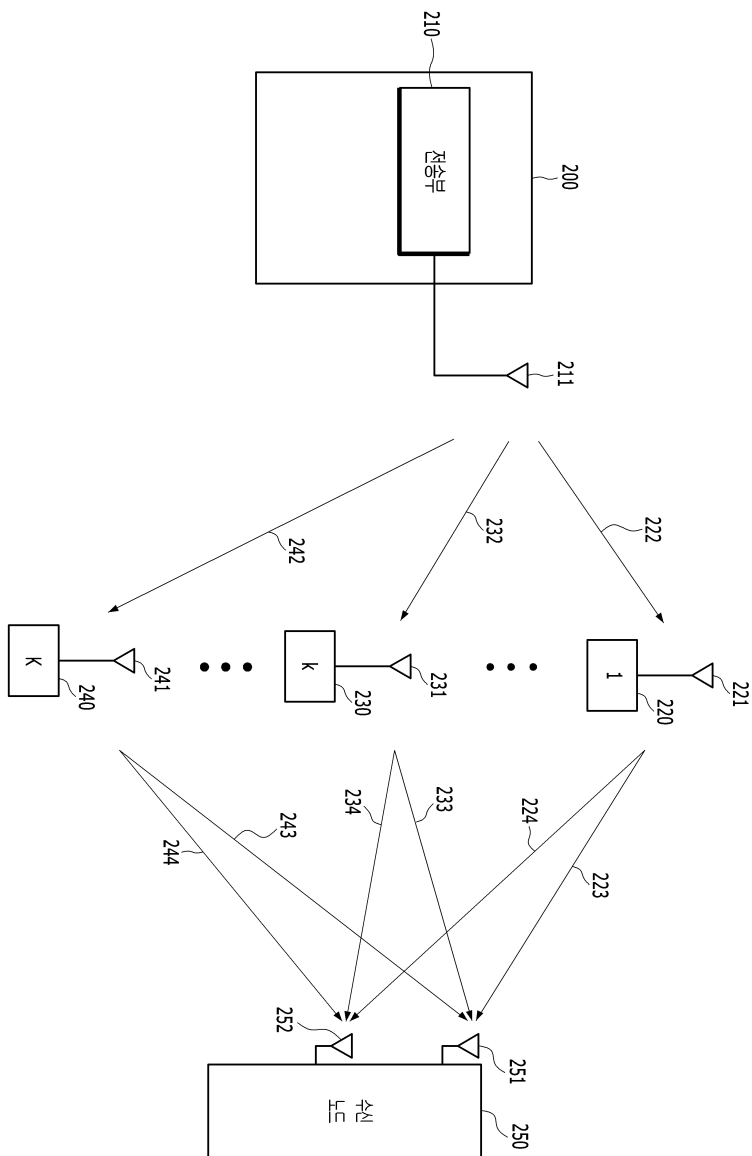
[0120] 200 : 송신 노드
210 : 전송부
211: 송신 안테나
220, 230, 240 : 중계 노드
221, 231, 231 : 안테나
222, 232, 242, 223, 224, 233, 234, 243, 244 : 무선 채널
250 : 수신 노드
251, 252 : 수신 안테나

도면

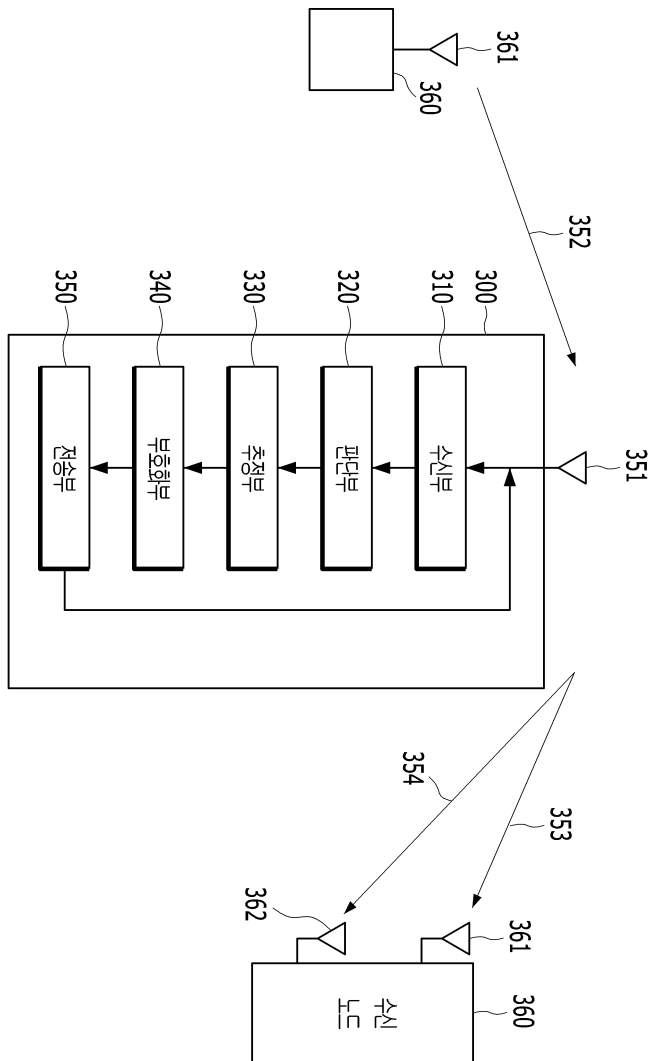
도면1



도면2



도면3



도면4

