(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월10일
(11) 등록번호 10-1263400
(24) 등록일자 2013년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/14 (2006.01) *H04W 72/12* (2009.01)
(21) 출원번호 10-2011-0078307
(22) 출원일자 2011년08월05일
심사청구일자 2011년08월05일
(65) 공개번호 10-2013-0015953
(43) 공개일자 2013년02월14일
(56) 선행기술조사문헌
H. Yomo and P. Popovski, "Opportunistic Scheduling for Wireless Network Coding," in Proc. IEEE ICC'07, pp.5610-5615, June 2007.
WO2010019082 A1
T. Koike-Akino, P. Popovski, and V. Tarokh, "Optimized Constellations for ~", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.27, pp.773-787, June 2009.
전체 청구항 수 : 총 8 항

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
이인규
서울특별시 강남구 선릉로 221, - 302동 1201호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)
전영일
서울특별시 종로구 비봉길 14, 5동 121호 (구기동, 현대구기빌라)
(74) 대리인
김정훈, 이건주

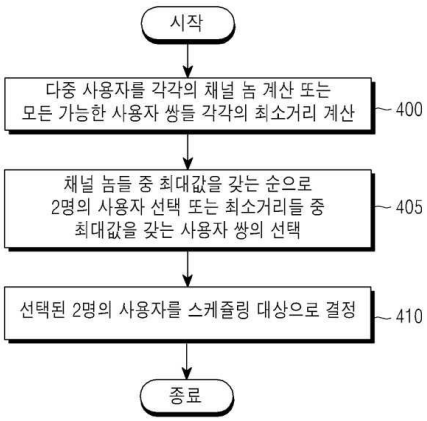
심사관 : 박성웅

(54) 발명의 명칭 **릴레이 장치에서 다중 사용자를 스케쥴링하는 방법 및 장치**

(57) 요 약

릴레이 장치에서 다중 사용자들을 스케쥴링하는 방법에 있어서, 상기 릴레이 장치의 서비스 영역 내에 위치한 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리를 무선 채널 파라미터들을 사용하여 계산하는 과정과, 상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 선택하는 과정과, 상기 선택된 사용자쌍을 스케쥴링 대상으로 결정하는 과정을 포함하며 상기 무선 채널 파라미터들은 상기 다중 사용자들 별로 수신한 신호들과 채널 놈들을 사용하여 계산되고, 상기 스케쥴링 대상은 상기 릴레이 장치가 방송하는 타겟과, 상기 릴레이 장치가 동시에 신호를 수신하는 소스를 포함함을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2010-0017909
부처명	교육과학기술부
연구사업명	중견연구자지원사업 도약 연구
연구과제명	불규칙 행렬이론을 이용한 분산 안테나 기반 다중셀 이동통신 시스템 설계
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2010.05.01 ~ 2011.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

릴레이 장치에서 다중 사용자들을 스케쥴링하는 방법에 있어서,

상기 릴레이 장치의 서비스 영역 내에 위치한 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리들을 계산하기 위해, 상기 다중 사용자들 별로 수신한 신호들과 채널 놈들을 기초하여 계산된 무선 채널 파라미터들을 사용하여 상기 최소 거리의 후보들을 선정하고, 선정된 후보들을 2차원 평면의 서클들로 나타내고, 각 서클들 간에 중첩된 영역을 사용하여 상기 후보의 최소 거리를 상기 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리로서 계산하는 과정과,

상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 선택하는 과정과,

상기 선택된 사용자 쌍을 스케쥴링 대상으로 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 릴레이 장치의 다중 사용자 스케쥴링 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 최소 거리를 계산하는 과정은,

상기 무선 채널 파라미터들을 계산하는 과정과,

상기 무선 채널 파라미터들을 사용하여 나타낼 수 있는 모든 결합들 각각을 상기 최소 거리의 후보들로 매핑하는 과정과,

상기 후보들 각각에 대응하는 결합들을 2차원 평면의 제1사분면에 분할된 유닛 서클들로 나타내는 과정과,

해당 후보 별로 상기 제1사분면에서 나타낸 분할된 유닛 서클들 중 중첩된 영역을 해당 후보의 영역으로 결정하고, 결정된 후보의 영역을 사용하여 상기 후보의 최소 거리를 계산하는 과정을 포함하며

상기 2차원 평면은 해당 후보의 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 구성하는 사용자들의 채널 놈을 비교하여 결정된 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 축 및 복소수 축으로 구성됨을 특징으로 하는 릴레이 장치의 다중 사용자 스케쥴링 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 무선 채널 파라미터들을 계산하는 과정은,

해당 사용자 쌍을 구성하는 사용자들 별로 수신한 다른 신호 포인트들간의 차이들을 사용하여 해당 사용자에 대한 유클리디언 거리를 계산하는 과정과,

상기 사용자들의 채널 놈을 비교하여 채널 비율 및 상기 차이들의 최소값 및최대값를 계산하는 과정과,

상기 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 및 복소수와, 상기 차이들의 최소값 및 최대값과, 상기 차이들의 최대값의 복소수 컨쥬게이트 및 상기 차이들의 최소값의 곱에 대한 실수부와 허수부를 상기 무선 채널 파라미터들로 결정하는 과정을 포함하는 릴레이 장치의 다중 사용자 스케쥴링 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 스케쥴링 대상으로 결정하는 과정은,

상기 다중 사용자들 각각의 채널 놈을 계산하는 과정과,

상기 계산된 채널 놈들 중 최대값을 갖는 채널을 사용하는 사용자 순으로 2명의 사용자를 선택하는 과정과,

상기 2명의 사용자를 상기 스케쥴링 대상으로 결정하는 과정을 포함하는 릴레이 장치의 다중 사용자 스케쥴링 방법.

청구항 5

다중 사용자들을 스케쥴링하는 릴레이 장치에 있어서,

상기 릴레이 장치의 서비스 영역 내에 위치한 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리들을 계산하기 위해, 상기 다중 사용자들 별로 수신한 신호들과 채널 놈들을 사용하여 계산된 무선 채널 파라미터들을 사용하여 상기 최소 거리의 후보들을 선정하고, 선정된 후보들을 2차원 평면의 서클들로 나타내고, 각 서클들 간에 중첩된 영역을 사용하여 상기 후보의 최소 거리를 상기 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리로서 계산하는 최소 거리 계산부와,

상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 선택하고, 상기 선택된 사용자 쌍을 스케쥴링 대상으로 결정하는 스케쥴링부를 포함하는 것을 특징으로 하는 릴레이 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 최소 거리 계산부는,

상기 무선 채널 파라미터들을 계산하고, 상기 무선 채널 파라미터들을 사용하여 나타낼 수있는 모든 결합들 각각을 상기 최소 거리의 후보들을 매핑하고, 상기 후보들 각각에 대응하는 결합들을 2차원 평면의 제1사분면에 분할된 유닛 서클들로 나타내고, 해당 후보 별로 상기 제1사분면에서 나타낸 유닛 서클들이 중첩된 영역을 해당 후보의 영역으로 결정하고, 결정된 후보의 영역을 사용하여 상기 후보의 최소 거리를 계산하고,

상기 2차원 평면은 해당 후보의 최소 거리를 갖는 상용자 쌍을 구성하는 사용자들의 채널 놈을 비교하여 결정된 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 축 및 복소수 축으로 구성됨을 특징으로 하는 릴레이 장치.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 최소 거리 계산부는,

해당 사용자 쌍을 구성하는 사용자들 별로 수신한 다른 신호 포인트들간의 차이들을 사용하여 해당 사용자에 대한 유클리디언 거리를 계산하고, 상기 사용자들의 채널 놈을 비교하여 채널 비율 및 상기 차이들의 최소값 및 최대값를 계산하고, 상기 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 및 복소수와, 상기 차이들의 최소값 및 최대값과, 상기 차이들의 최대값의 복소수 컨쥬게이트 및 상기 차이들의 최소값의 곱에 대한 실수부와 허수부를 상기 무선 채널 파라미터들로 결정하는 과정을 포함하는 릴레이 장치.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 스케쥴링부는,

상기 최소 거리 계산부로부터 획득한 상기 다중 사용자들 각각의 채널 놈들 중 최대값을 갖는 채널을 사용하는 사용자 순으로 2명의 사용자를 선택하고, 상기 2명의 사용자를 상기 스케쥴링 대상으로 결정함을 특징으로 하는 릴레이 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 릴레이 장치에서의 다중 사용자 스케쥴링에 관한 것으로, 특히 릴레이 장치를 통해서 통신할 최적의 사용자 쌍을 선택하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 네트워크들에서 네트워크 코딩(NC: Network Coding)은 네트워크 레이어(network-layer) 기술로서 제안되었다. NC의 기본적인 개념은 송신기가 배타적인 OR(XOR) 동작을 사용하여 다른 목적지들을 갖는 패킷들을 결합하고, 결합된 패킷들을 방송하는 것이다.

[0003] 릴레이(relay) 장치에 상기 NC를 적용함에 의해서 사용자들에게 송신이 요구되는 타임 슬롯들의 수가 감소될 수 있다.

[0004] 실질적인 무선 통신 시스템들에서는 채널 특성들을 무시할 수 없기 때문에, 결합된 패킷들을 송신할 사용자 그룹에 포함된 사용자들을 순시 채널 환경들을 기반으로 선택해야 한다. 그러나, 기존 기술에서는 릴레이 장치가 다중 사용자들로부터 동시에 데이터를 수신할 경우는 고려되지 않았다.

[0005] 그러므로, 릴레이 장치가 다중 사용자들로부터 동시에 데이터를 수신할 경우, 릴레이 장치의 용량을 고려하여 릴레이 장치를 통해서 데이터를 송수신할 사용자를 스케쥴링(scheduling) 하는 방안이 요구된다.

[종래의 기술문헌]

본 발명의 기술상의 의의를 이해하는 데에 도움이 되고 선행기술 조사 및 심사에 유용하다고 생각되는 아래의 종래의 기술 문헌이 개시된다.

- 아래 -

출원공개번호: 10-2011-0084083

공개일자: 2011년 7월21일

발명의 명칭: 네트워크 코딩을 위한 릴레이 노드 및 릴레이 노드의 다음 노드의 통신 방법(출원인: 삼성전자주식회사)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 릴레이 장치에서 다중 사용자를 스케쥴링하는 방법 및 장치를 제안한다.

[0007] 본 발명은 릴레이 장치를 통해서 데이터를 송수신할 최적의 사용자 쌍을 선택하는 방법 및 장치를 제안한다.

[0008] 본 발명은 최소 거리 기준과 채널 놈(norm) 기준을 사용하여 릴레이를 통해서 데이터를 송수신할 최적의 사용자 쌍을 선택하는 방법 및 장치를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 실시 예에 따른 방법은 릴레이 장치에서 다중 사용자들을 스케쥴링하는 방법에 있어서, 상기 릴레이 장치의 서비스 영역 내에 위치한 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리를 무선 채널 파라미터들을 사용하여 계산하는 과정과, 상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 선택하는 과정과, 상기 선택된 사용자쌍을 스케쥴링 대상으로 결정하는 과정을 포함하며 상기 무선 채널 파라미터들은 상기 다중 사용자들 별로 수신한 신호들과 채널 놈들을 사용하여 계산되고, 상기 스케쥴링 대상은 상기 릴레이 장치가 방송하는 타겟과, 상기 릴레이 장치가 동시에 신호를 수신하는 소스를 포함함을 특

징으로 한다.

[0010] 본 발명의 실시 예에 따른 장치는 다중 사용자들을 스케쥴링하는 릴레이 장치에 있어서, 상기 릴레이장치의 서비스 영역 내에 위치한 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의최소 거리를 무선 채널 파라미터들을 사용하여 계산하는 최소 거리 계산부와, 상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리를갖는 사용자 쌍을 선택하고, 상기 선택된 사용자 쌍을 스케쥴링 대상으로 결정하는 스케쥴링부와, 상기 무선 채널 파라미터들은 상기 다중 사용자들 별로 수신한 신호들과 채널 놈들을 사용하여 계산되고, 상기 스케쥴링 대상은 상기 릴레이장치가 방송하는 타겟과, 상기 릴레이 장치가 동시에 신호를 수신하는 소스를 포함함을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명은 최소 거리 기준과 채널 놈 기준을 사용하여 릴레이를 통해서 데이터를 송수신할 최적의 사용자 쌍을 선택함으로써, 릴레이 장치의 성능을 증가시키는 효과가 있다. 또한, 본 발명은 해당 사용자 쌍의 최소 거리 계산 시, 제안하는 파라미터들의 가능한 결합들로 최소 거리의 후보를 나타내고, 대응하는 후보에 대응하는 중첩된 배열(superposed cancellation)의 최소 거리를 획득함으로써, 보다 효율적으로 사용자 쌍의 최소 거리를 계산하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자를 갖는 릴레이 시스템의 구성도.

도 2a는 임의의 사용자 쌍을 구성하는 사용자들로부터 송신된 데이터가 동시에 상기 릴레이 장치에게 수신되는 다중 접속(MAC: Multiple Access) 측면을 나타내는 도면.도 2b는 릴레이 장치가 상기 사용자들에게 동시에 데이터를 송신하는 방송 채널(BC: Broadcast Channel) 측면을 나타내는 도면.

도 3a는 채널 무선 파라미터들 x 와 y 에 따르는 최소 거리인 $\bar{d}_1$, $\bar{d}_7$ 및 $\bar{d}_9$에 대한 3가지 영역들을 나타내는 그래프.

도 3b는 $\mathcal{D}_{XOR}$, 에 대한 영역 맵과는 달리 $\mathcal{D}_{AD}$ 에 대한 영역 맵을 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 장치가 최적의 사용자 쌍을 선택하는 동작 흐름도.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 장치의 구성도.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따라 BPSK 변조가 $\mathcal{D}_{XOR}$ 와 함께 사용되는 경우, 다른 선택 기준 별 처리량을 나타내는 그래프.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따라 QPSK 변조가 $\mathcal{D}_{XOR}$ 와 $\mathcal{D}_{AD}$ 각각과 함께 사용되는 경우, 다른 선택 기준 별 처리량을 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기의 설명에서는 본 발명에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흩트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.

[0014] 본 발명은 릴레이 장치에서 자신을 통해서 데이터를 송수신할 다중 사용자를 스케쥴링하는 기술에 관한 것으로, 특히 최적의 사용자 쌍을 선택하는 방법 및 장치를 제안한다. 구체적으로, 본 발명은 최적의 사용자 쌍을 선택하기 위한 2가지 기준을 제공한다. 상기 2가지 기준은 최소 거리 기준과 채널 놈 기준을 나타내며, 이들에 대해

서는 하기에서 상세히 설명하기로 한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자를 갖는 릴레이 시스템의 구성도이다.

[0016] 도 1을 참조하면, 릴레이 장치(102)의 서비스 영역(100)내에는 다수의 사용자들이 존재한다. 설명의 편의상, 상기 서비스 영역(100)에는 총 N명의 사용자들 $u_i \ (i = 1, \cdots, N)$이 존재한다고 가정하자. 따라서 상기 릴레이 장치(102) R의 사용자 셋 U는 $U \triangleq \{u_1, u_2, \cdots, u_N\}$와 같이 나타내어진다. 상기 릴레이 장치(102)는 상기 N명의 사용자들 중, 자신을 통해서 데이터를 송수신할 최적의 사용자 쌍(일 예로, 사용자 104, 106)을 선택한다. 여기서는, 사용자의 노드들 중 직접 통신 링크를 갖는 경우가 존재하지 않음을 가정한다. NC가 없는 경우, 상기 릴레이 장치(102)는 임의의 사용자 쌍과 통신을 수행하기 위해서 4개의 타임 슬롯들이 요구된다. 상기 4개의 타임 슬롯들은 상기 릴레이 장치(102)가 상기 사용자 쌍을 구성하는 2개의 사용자들 각각으로부터 데이터를 수신하는 2개의 타임 슬롯들과, 상기 2개의 사용자들 각각에게 방송하기 위한 2개의 타임 슬롯들을 포함한다.

[0017] 만약, 상기 릴레이 장치(102)가 NC를 사용할 경우, 상기 릴레이 장치(102)는 사용자 별로 데이터를 전달하는 대신 NC된 데이터를 동시에 방송할 수 있기 때문에 요구되는 타임 슬롯들은 반으로 감소된다. 그러면, 각 사용자는 자신의 데이터를 사용함에 의해서 다른 사용자들로부터 데이터를 복호할 수 있다.

[0018] 이하, 도 2a, b를 참조하여 본 발명의 실시 예에 따라 릴레이와 사용자 쌍간의 양방향 통신을 다음과 같이 2가지 측면으로 정의한다. 도 2a는 임의의 사용자 쌍을 구성하는 사용자들로부터 송신된 데이터가 동시에 상기 릴레이 장치에게 수신되는 다중 접속(MAC: Multiple Access) 측면을 나타내는 도면이다. 도 2b는 릴레이 장치가 상기 사용자들에게 동시에 데이터를 송신하는 방송 채널(BC: Broadcast Channel) 측면을 나타내는 도면이다.

[0019] 도 2a를 참조하면, MAC 측면에서는 릴레이 장치(200)가 동시에 2명의 사용자들(204, 206)로부터 데이터를 수신한다. 결과적으로 요구되는 타임 슬롯들의 수는 1개가 된다. 도면에 도시하지는 않았으나 상기 릴레이 장치(200)에서 잡음 영향은 최대 가능성(ML: Maximum Likelihood) 검출기 및 네트워크 코딩 매퍼(mapper)에 의해서 제거될 것이다.

[0020] 이하, 본 발명은 일 예로, 사용자가 둘인 경우, 즉, 사용자 p(204)와 q(206)간의 양방향 릴레잉 시스템(TWRC: Two-way relaying systems)을 기반으로 설명한다. 사용자 i로부터 송신된 데이터를 $s_i \in \{0, 1, 2, \cdots, m-1\}$, $(i = p, q)$으로 정의한다. 여기서, m은 변조 레벨(modulation level)을 나타낸다. 배열 매퍼(canstellation mapper) $\mathcal{M}$는 상기 데이터를 가지고 송신된 신호 $x_i = \mathcal{M}(s_i)$를 생성한다. 송신된 신호들은 유닛 에너지(unit energy) 일 예로, $i.e., \mathbb{E}[|x_i|^2] = 1$을 갖으며, 설명의 편의상 수신기 측면에서 완벽한 채널 추정이 이용될 수 있음을 가정한다.

[0021] MAC 측면에서, 상기 릴레이 장치(200)에서 수신된 신호는 하기 <수학식 1>과 같이 나타내어진다.

수학식 1

[0022] $$y_{(p,q)} = h_p x_p + h_q x_q + z_{(p,q)}$$

[0023] 여기서, 채널 이득들 $h_i \ (i = p, q)$은 복소수 가우시안 잡음(complex Gaussian noise)을 나타내는 $z_{(p,q)} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$와 유닛 분산(unit variance)를 갖는 복소수 가우시안 랜덤 변수들(random variables)

에 독립적이다.

[0024] 상기 릴레이 장치(200)는 도면에 도시하지 않았으나, ML 검출기를 포함한다. 그리고, 상기 ML 검출기는 상기 <수학식 1>의 수신된 신호 $y_{(p,q)}$ 를 기반으로 $\hat{\mathbf{s}} = (\hat{s}_p, \hat{s}_q)$ 을 검출한다.

[0025] 상기 ML 검출기를 통해서 검출된 ML 신호는 하기 <수학식 2>와 같이 나타내어진다.

수학식 2

[0026] $$\hat{\mathbf{s}} = \arg \min_{(s_p, s_q)} |y_{(p,q)} - (h_p x_p + h_q x_q)|^2$$

[0027] 그러면, 디노이징 맵퍼(denoising mapper) $\mathcal{D}(\cdot)$ 는 상기 <수학식2>의 ML 출력을 사용하여 코드워드 $s_{R,(p,q)} = \mathcal{D}(\hat{\mathbf{s}})$ 를 생성한다.

[0028] 도 2b를 참조하면, BC 측면에서 릴레이 장치 R (200)은 사용자 p (204)와 q (206) 각각에게 $x_{R,(p,q)} = \mathcal{M}_R(s_{R,(p,q)})$ 를 방송한다. 여기서, $\mathcal{M}_R$ 은 상기 릴레이 장치(200)가 포함하는 배열 매퍼를 나타낸다.

[0029] 상기 사용자 p (204)와 q (206) 각각에게 수신된 신호는 하기 <수학식3>과 같이 나타낸다.

수학식 3

[0030] $$y_i = h_i x_{R,(p,q)} + z_i \qquad \text{for} \quad i = p, q$$

[0031] 여기서, $z_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$ 는 복소수 가우시안 잡음을 나타낸다.

[0032] 본 발명에서는, MAC 측면과 BC 측면 간의 상호성을 추정하고, 각 사용자의 노드에서 수신된 신호의 코드워드(codeword)를 하기 <수학식 4>와 같이 복호(decode)한다.

[0033] 여기서, 상기 디노이징 매퍼를 적절하게 디자인함에 의해서, 사용자 p (204)와 q (206) 각각은 자신의 데이터 s_p 와 s_q 를 사용하여 다른 사용자의 데이터 즉, s_q 와 s_p 를 복호할 수 있다. 채널 계수들이 시간을 통해서 변화할 때, 본 발명은 채널 상태를 기반으로 사용자 쌍을 기회적으로 선택함에 의해서 성능을 개선할 수 있다.

[0034] 이하, 본 발명에서 채널 분포들이 동일하다고 가정하면, 모든 사용자들은 평균적으로 동일한 채널 품질을 갖는다. 이에 따라 본 발명은 릴레이 장치에서 최적의 사용자 쌍을 선택하기 위한 두 개의 기준을 사용한다. 상기 두 개의 기준은 채널 놈 기준과, 최소 거리 기준을 포함한다.

[0035] A. 채널 놈 기준

[0036] 본 발명의 첫 번째 실시 예에서는 릴레이 장치의 서비스 영역 내에 위치한 사용자들의 채널 놈들을 비교하여, 하기 <수학식 4>와 같이 최대 채널 놈을 갖는 2명의 사용자들을 최적의 사용자 쌍으로 선택한다.

수학식 4

[0037] $$(\hat{p},\hat{q}) = \arg\max_{\substack{p,q\in U \\ p\neq q}} \left(|h_p| + |h_q|\right)$$

[0038] B. 최소 거리 기준

[0039] 본 발명의 제 2실시 예에서는 기회적인 스케쥴링을 위해서 두 사용자들 사이의 TWRC에 대한 PNC 비트 에러율(BER: Bit Error Rate)을 기반으로 최적의 사용자 쌍을 선택한다. 이때, 주어진 채널들에서 TWRC에 대한 PNC의 정확한 순시적 BER을 계산하기 어렵다. 그러므로, 본 발명은 릴레이 장치의 서비스 영역 내에 존재하는 사용자 쌍들 각각을 구성하는 2명의 사용자들 간의 최소 거리를 사용하여 최적의 사용자 쌍을 선택한다. 이에 따라, 두 명의 사용자 p 와 q 에 대한 최소 거리를 $d_{min}(p,q)$ 로 정의한다. 그리고, 상기 사용자 p 와 q 각각에 대해 두 개의 다른 신호 포인트들 즉, $\mathbf{s}=(s_p,s_q)$ 와 $\mathbf{s}'=(s'_p,s'_q)$ 간의 유클리디언 거리(Euclidean distance)를 하기 <수학식 5>와 같이 계산한다.

수학식 5

[0040] $$\begin{aligned} d^2_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q) &= \left|\left(h_p x_p + h_q x_q\right) - \left(h_p x'_p + h_q x'_q\right)\right|^2 \\ &= \left|h_p\delta_p + h_q\delta_q\right|^2 \end{aligned}$$

[0041] 여기서, $\delta_p = x_p - x'_p$ 이고, $\delta_q = x_q - x'_q$ 이다.

[0042] 이때, 동일한 코드워드에 매핑된 신호 포인트들 간의 거리는 BER에 기여하지 않으므로 제외한다. 그러면, 상기 사용자 쌍 (p,q) 과 연관된 최소 거리는 하기 <수학식 6>과 같이 나타낸다.

수학식 6

[0043] $$d_{min}(p,q) \triangleq \min_{\mathcal{D}(\mathbf{S})\neq\mathcal{D}(\mathbf{S}')} d_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q)$$

[0044] 해당 릴레이는 자신의 서비스 영역 내에 위치한 사용자 쌍들 모두에 대해 상기 <수학식 6>을 사용하여 최소 거리를 계산한다. 이후, 상기 릴레이는 계산된 최소 거리들 중 하기 <수학식 7>에서 나타낸 바와 같이 최대값을 갖는, 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 최적의 사용자 쌍으로 선택한다.

수학식 7

$$(\hat{p},\hat{q}) = \arg\max_{\substack{p,q\in U \\ p\neq q}} d_{min}(p,q)$$

[0045]

[0046] 이하, 본 발명의 제2실시 예에서는 $d_{min}(p,q)$ 를 보다 효율적으로 계산하는 방법을 제안한다. 구체적으로, 본 발명은 주어진 채널들에 대해 중첩된 배열(superposed cancellation)의 최소 거리를 획득하기 위한 방법을 제안한다. 구체적으로, BPSK(Binary Phase Shift Keying) 변조 방식을 사용하는 경우, 두 사용자간의 최소 거리는 상기 두 사용자 중 더 작은 채널 이득 일 예로, $d_{min}(p,q) = 2\min(|h_p|,|h_q|)$ 과 관련된다. 그러므로, BPSK 변조 방식에서는 상기 채널 놈 기준과 상기 최소 거리 기준이 등가 가치를 갖는다.

[0047] 반면, QPSK변조 방식을 사용하는 경우, 최소 거리의 계산은 좀 더 복잡해진다. 해당 사용자들 각각의 노드가 포함하는 QPSK 배열 매퍼는 수신된 QPSK 신호들을 하기 <수학식 8>과 같이 나타내어진다.

수학식 8

$$\mathcal{M}_{QPSK}(s_p) \in \left\{\frac{1+j}{\sqrt{2}}, \frac{-1+j}{\sqrt{2}}, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}\right\}$$

[0048]

[0049] 이 경우, 두 명의 사용자들로부터 수신된 QPSK 신호들은 MAC 측면동안 릴레이에서 중첩되므로, 상기 릴레이에서 수신된 신호에서는 16개의 신호 포인트들이 있다. 그러므로, $\binom{16}{2} = 120$ 의 서치 크기(search size)는 주어진 사용자 쌍에 대한 최소 거리를 찾는 것이 요구된다. 그러므로, 본 발명에서 주어진 사용자 쌍에 대한 최소 거리를 찾기 위해서 다음과 같은 절차들을 수행한다.

[0050] 먼저, 최대 및 최소 채널들을 하기 <수학식 9>에 나타낸 바와 같이 정의한다.

수학식 9

$$h_{max} = \arg\max_{h\in\{h_p,h_q\}} |h| \quad \text{and} \quad h_{min} = \arg\min_{h\in\{h_p,h_q\}} |h|$$

[0051]

[0052] 또한, 주어진 사용자 쌍을 구성하는 사용자 p 와 q 에 대한 채널 비율은 하기 <수학식 10>과 같이 정의된다.

수학식 10

$$r \triangleq \frac{h_{min}}{h_{max}} = x + jy.$$

[0053]

[0054] 상기 <수학식5>는 상기 <수학식 9> 및 <수학식 10>을 사용하여 하기 <수학식 11>과 같이 재정의된다.

수학식 11

[0055] $$d^2_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q) = |h_{max}|^2|\delta_{max} + r\delta_{min}|^2$$

[0056] 여기서, $|h_p| > |h_q|$ 이면, $\delta_{max} = \delta_p,\ \delta_{min} = \delta_q$ 이고, 그렇지 않으면 $\delta_{max} = \delta_q,\ \delta_{min} = \delta_p$ 이다.

[0057] 그리고, 상기 최소 거리에 기여하는 신호 포인트들의 쌍 $(\mathbf{s}, \mathbf{s}')$ 을 식별하기 위해서, 상기 거리를 $|h_{max}|$ 에 의해 노멀라이즈한다.

수학식 12

[0058] $$\bar{d}_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q) \triangleq \frac{d_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q)}{|h_{max}|} = |\delta_{max} + r\delta_{min}|$$

[0059] 그리고, 상기 <수학식 12>는 다시 하기 <수학식13>와 같이 재정의된다.

수학식 13

[0060] $$\bar{d}^2_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q) = |\delta_{max}|^2 + |\delta_{min}|^2(x^2+y^2) + 2Ax + 2By$$

[0061] 여기서, $A = \Re\left[\delta^*_{max}\delta_{min}\right]$, $B = \Im\left[\delta^*_{max}\delta_{min}\right]$ 이고, $\Re[\cdot]$, $\Im[\cdot]$ 및 $(\cdot)^*$ 는 각각 실수부와 허수부 및 복소수 컨쥬게이트(complex conjugate)를 나타낸다. 그러므로, $\bar{d}^2_{\mathbf{S}-\mathbf{S}'}(p,q)$ 는 4개의 파라미터들 즉, $|\delta_{max}|^2$, $|\delta_{min}|^2$, A 및 B 에 의해서 결정된다. 상기 4개의 파라미터들의 120 개의 결합들 중, 하기 <표 1>에서 리스트된 파라미터들의 결합은 단지 20개가 존재한다.

[0062] 하기 <표 1>은 최소 거리 리스트이다.

표 1

Group	$\|\delta_{max}\|^2$	$\|\delta_{min}\|^2$	A	B	$\bar{d}^2/2$
1	0	2	0	0	x^2+y^2
2	0	4	0	0	$2(x^2+y^2)$
3	2	0	0	0	1
4	4	0	0	0	2
5	2	2	± 2	0	$1+x^2+y^2 \pm 2x$
6	4	4	± 4	0	$2(1+x^2+y^2 \pm 2x)$
7	2	2	0	± 2	$1+x^2+y^2 \pm 2y$
8	4	4	0	± 4	$2(1+x^2+y^2 \pm 2y)$
9	2	4	± 2	± 2	$1+2(x^2+y^2) \pm 2x \pm 2y$
10	4	2	± 2	± 2	$2+x^2+y^2 \pm 2x \pm 2y$

[0063]

[0064] 상기 <표 1>에서 파라미터들에 대한 20개의 다른 결합들과 연관된 거리는 10개의 다른 그룹들로 리스트된다. 그룹 5부터 10까지 x 와 y 에 대한 사인(sign)은 각각 A 와 B 를 따른다. 또한, 그룹 9 및 10은 A 및 B 의 사인의 다른 결합들과 연관된 4개의 다른 거리들을 갖는다.

[0065] 먼저, 본 발명의 제2실시 예에서는 릴레이의 배열 매퍼로서 $\mathcal{D}_{XOR}$ 을 사용하는 경우를 설명한다. $\mathcal{D}_{XOR}(\mathbf{s}) = \mathcal{D}_{XOR}(\mathbf{s}')$ 이므로, 상기 <표 1>의 그룹 5 및 6에서 거리들은 최소 거리의 후보로부터 배제될 수 있다. 또한, 그룹 2, 4 및 8에서의 거리들은 각각 그룹 1, 3 및 7에서의 거리들의 2배이다. 그러므로, 상기 그룹 2, 4 및 8은 상기 최소 거리 리스트에서 제거될 수 있다. 그리고, $x^2+y^2<1$ 이므로, 그룹 3 및 10에서의 거리는 항상 그룹 1 및 9의 거리보다 크거나 같다. 그러므로, 상기 그룹 3 및 10 역시 상기 최소 거리 리스트에서 제거될 수 있다. 그룹 7 및 10에서 최소 거리에 기여하는 거리는 x 와 y 의 사인에 의해서 결정된다. 결과적으로, <표 1>을 통해서 최소 거리들의 후보들은 하기 <수학식 14>와 같이 3개로 감소된다.

수학식 14

$$\bar{d}_1^2 = 2x^2 + 2y^2$$

$$\bar{d}_7^2 = 2\left(1 + x^2 + y^2 - 2|y|\right)$$

$$\bar{d}_9^2 = 2 + 4\left(x^2 + y^2 - |x| - |y|\right)$$

[0066]

[0067] 본 발명의 제2실시 예에서는 직접적인 평가들(direct evaluations)없이 x 와 y 의 값들을 기반으로 상기 <수학식 14>에 포함된 3가지 방정식들 중 최소 거리를 결정하는 방법을 제안한다.

[0068] 도 3a는 채널 무선 파라미터들 x 와 y 에 따르는 최소 거리인 $\bar{d}_1$, $\bar{d}_7$ 및 $\bar{d}_9$에 대한 3가지 영역들을 나타내는 그래프이다. 여기서는 좌우 대칭 때문에 제1사분면 만을 고려한다.

[0069] 도 3a를 참조하면, 상기 영역들의 경계들은 하기에서와 같이 분석적으로 결정된다.

[0070] 영역 맵(MAP)들의 유도

[0071] $x^2 + y^2 < 1$이면, $\bar{d}_1$, $\bar{d}_7$ 및 $\bar{d}_9$ 각각에 대한 영역은 x-y 평면에서 유닛 서클(unit circle)을 분할한다. 또한, 대칭성으로 인해, 상기 제1사분면만 고려된다. $\bar{d}_1$에 대한 영역에서, $\bar{d}_1$을 최소 거리로 만들기 위해서는 두 개의 부등식 즉, $\bar{d}_1 < \bar{d}_7$와 $\bar{d}_1 < \bar{d}_9$가 만족되어야 한다. 첫 번째 부등식 $\bar{d}_1 < \bar{d}_7$은 $\bar{d}_7^2 - \bar{d}_1^2 = 2 - 4y > 0$와 동등하며, $y < 0.5$인 결과를 가져온다. 유사하게 두 번째 부등식 $\bar{d}_1 < \bar{d}_9$으로부터, $\bar{d}_9^2 - \bar{d}_1^2 = 2 + 2x^2 + 2y^2 - 4x - 4y > 0$은 $(x-1)^2 + (y-1)^2 > 0$을 산출한다. 결과적으로, $\bar{d}_1$에 대한 영역은 $\{y < 0.5\} \bigcap \{(x-1)^2 + (y-1)^2 > 0\}$으로 나타내어진다.

[0072] $\bar{d}_7$에 대한 영역은 $\bar{d}_7 < \bar{d}_1$와 $\bar{d}_7 < \bar{d}_9$을 만족하고, $y > 0.5$ 및 $(x-1)^2 + y^2 > 0$. 인 결과를 가져온다. 그러므로, $\bar{d}_7$에 대한 영역은 $\{y > 0.5\} \bigcap \{(x-1)^2 + y^2 > 0\}$으로 나타내어진다. 동일한 방법으로, $\bar{d}_9$에 대한 영역은 $(x-1)^2 + (y-1)^2 < 0$ 및 $(x-1)^2 + y^2 < 0$. 관계들을 갖는다. 그러므로, $\bar{d}_9$에 대한 영역은 $\{(x-1)^2 + (y-1)^2 < 0\} \bigcap \{(x-1)^2 + y^2 < 0\}$으로 나타내어진다.

[0073] $\bar{d}_1$, $\bar{d}_7$ 및 $\bar{d}_9$에 대한 각각의 영역 맵을 활용하여 본 발명은 주어진 채널들의 최소 거리를 계산할 수 있다.

예를 들어, $\bar{d}_7$ 에 대한 영역에서 x 와 y 의 값들이 감소하면, 하기 <수학식 15>와 같이 최소 거리를 계산한다.

수학식 15

$$\begin{aligned} d_{min}(p,q) &= \max(|h_p|,|h_q|)\cdot\bar{d}_7 \\ &= \max(|h_p|,|h_q|)\sqrt{2+4\left(x^2+y^2-|x|-|y|\right)} \end{aligned}$$

[0074]

[0075] 다음으로, 본 발명의 제2실시 예에서는 릴레이의 배열 맵퍼로서 $\mathcal{D}_{AD}$ 를 사용하는 경우를 고려한다.

[0076] 도 3b는 $\mathcal{D}_{XOR}$ 에 대한 영역 맵과는 달리 $\mathcal{D}_{AD}$ 에 대한 영역 맵을 도시한 도면이다.

[0077] 도 3b를 참조하면, $\mathcal{D}_{AD}$ 에 대한 영역 맵은 컴퓨터 시뮬레이션들을 통해서 획득된다. 도시된 바와 같이 최소 거리의 후보를 위해서는 그룹 5 및 10에서 하기 <수학식 16>과 같이 나타내어지는 2개 이상의 거리들이 포함된다.

수학식 16

$$\begin{aligned} \bar{d}_5^2 &= 2\left(1+x^2+y^2-2|x|\right) \\ \bar{d}_{10}^2 &= 4+2\left(x^2+y^2-2|x|-2|y|\right) \end{aligned}$$

[0078]

[0079]

[0080] 도 3a,b를 참조하면, $\bar{d}_1$ 에 대한 영역들은 특정 특성을 가지고 있다. 그리고, 상기 3개의 영역들에서 최소 거리는 간단히 $d_{min}(p,q)=\sqrt{2}\min(|h_p|,|h_q|)$ 로서 계산된다. 그러므로, 동일한 사용자 쌍에서 최소 거리 기준은 상기 영역들에 대한 채널 놈 기준으로서 나타난다.

[0081] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 장치가 최적의 사용자 쌍을 선택하는 동작 흐름도이다.

[0082] 도 4를 참조하면, 400단계에서 상기 릴레이 장치는 자신의 서비스 영역 내에 위치한 다중 사용자들 각각의 채널 놈, 또는 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리를 계산하고, 405단계로 진행한다. 405단계에서 상기 릴레이 장치는 상기 계산된 채널 놈들 중 최대값을 갖는 채널을 사용하는 사용자 순으로 2명의 사용자를 선택하거나, 또는 본발명에서 제안하는 무선 채널 파라미터들을 사용하여 상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 선택하고, 410단계로 진행한다. 여기서, 최소 거리를 계산하는 과정은 다음과 같다.

[0083] 즉, 상기 릴레이 장치는 해당 사용자 쌍을 구성하는 사용자들 별로 수신한 다른 신호 포인트들간의 차이들을 사용하여 상기 <수학식 5>와 같이 나타내어지는 해당 사용자에 대한 유클리디언 거리를 계산하고, 상기 사용자들의 채널 놈을 비교하여 상기 <수학식 10>과 같이 나타내어지는 채널 비율을 계산하고, 상기 비교 결과에 따라

상기 차이들의 최소값 및 최대값를 계산한다. 결과적으로, 상기 무선 채널 파라미터들은 상기 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 및 복소수와, 상기 차이들의 최소값 및 최대값과, 상기 차이들의 최대값의 복소수 컨쥬게이트 및 상기 차이들의 최소값의 곱에 대한 실수부와 허수부를 포함한다.

[0084] 이후, 상기 릴레이 장치는 상기 무선 채널 파라미터들을 사용하여 나타낼 수 있는 모든 결합들 각각을 상기 <표 1>에서 나타낸 바와 같이 상기 최소 거리의 후보들로 매핑한다. 그리고, 도 3a,b에 도시된 바와 같이 상기 후보들 각각에 대해 대응하는 결합들을 2차원 평면의 제1사분면에 분할된 유닛 서클들로 나타낸다. 그리고, 해당 후보 별로 상기 제1사분면에서 나타낸 분할된 유닛 서클들 중 중첩된 영역을 해당 후보의 영역으로 결정하고, 결정된 후보의 영역을 사용하여 상기 후보의 최소 거리를 계산한다. 상기 2차원 평면은 해당 후보의 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 구성하는 사용자들의 채널 놈을 비교하여 결정된 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 축 및 복소수 축으로 구성된다.

[0085] 상기한 바와 같은 형태의 최소 거리 계산을 통해서 본 발명의 제2실시 예에서는 기존의 사용자 쌍에 대한 최소 거리를 보다 효율적으로 획득할 수 있게 된다.

[0086] 410단계에서 상기 릴레이 장치는 상기 선택된 2명의 사용자를 최적의 스케쥴링 대상으로 결정한다.

[0087] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 릴레이 장치의 구성도이다.

[0088] 도 5를 참조하면, 릴레이 장치(500)는 사용자 쌍결정부(502)와, 수신부(504)와, 채널 놈 계산부(506) 및 최소 거리 계산부(508)를 포함한다.

[0089] 상기 수신부(504)는 자신의 서비스 영역 내에 위치한 다중 사용자들로부터 신호들을 수신한다.

[0090] 상기 채널 놈 계산부(506)는 상기 다중 사용자들로부터 수신한 신호를 통해서 상기 다중 사용자들 각각에 대한 채널 놈을 계산한다.

[0091] 상기 최소 거리 계산부(508)는 상기 다중 사용자들로부터 가능한 모든 사용자 쌍들 각각의 최소 거리를 계산한다. 구체적으로, 상기 최소 거리 계산부(508)는 해당 사용자 쌍을 구성하는 사용자들 별로 수신한 다른 신호 포인트들간의 차이들을 사용하여 상기 <수학식 5>와 같이 나타내어지는 해당 사용자에 대한 유클리디언 거리를 계산하고, 상기 사용자들의 채널 놈을 비교하여 상기 <수학식 10>과 같이 나타내어지는 채널 비율을 계산하고, 상기 비교 결과에 따라 상기 차이들의 최소값 및 최대값를 계산한다. 결과적으로, 상기 무선 채널 파라미터들은 상기 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 및 복소수와, 상기 차이들의 최소값 및 최대값과, 상기 차이들의 최대값의 복소수 컨쥬게이트 및 상기 차이들의 최소값의 곱에 대한 실수부와 허수부를 포함한다.

[0092] 이후, 상기 최소 거리 계산부(508)는 상기 무선 채널 파라미터들을 사용하여 나타낼 수 있는 모든 결합들 각각을 상기 <표 1>에서 나타낸 바와 같이 상기 최소 거리의 후보들로 매핑한다. 그리고, 도 3a,b에 도시된 바와 같이 상기 후보들 각각에 대해 대응하는 결합들을 2차원 평면의 제1사분면에 분할된 유닛 서클들로 나타낸다. 그리고, 해당 후보 별로 상기 제1사분면에서 나타낸 분할된 유닛 서클들 중 중첩된 영역을 해당 후보의 영역으로 결정하고, 결정된 후보의 영역을 사용하여 상기 후보의 최소 거리를 계산한다. 상기 2차원 평면은 해당 후보의 최소 거리를 갖는 사용자 쌍을 구성하는 사용자들의 채널 놈을 비교하여 결정된 채널 비율을 나타내는 신호의 실수부 축 및 복소수 축으로 구성된다.

[0093] 상기한 바와 같은 형태의 최소 거리 계산을 통해서 본 발명의 제2실시 예에서는 기존의 사용자 쌍에 대한 최소 거리를 보다 효율적으로 획득할 수 있게 된다.

[0094] 상기 사용자 쌍 결정부(502)는 상기 계산된 채널 놈들 중 최대값을 갖는 채널을 사용하는 사용자 순으로 2명의 사용자를 선택하거나 상기 계산된 최소 거리들 중 최대값을 갖는 최소 거리에 위치한 사용자 쌍을 최적의 스케쥴링 대상으로 결정한다.

[0095] 이하, 도 6 내지 도 7을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 시뮬레이션(simulation) 결과를 설명한다. 여기서는, 본 발명의 실시 예에 따른 사용자들의 쌍 선택 방식들의 엔드 투 엔드(end to end) 처리량 성능을 평가한다. 이하, 시뮬레이션에서는 릴레이에서 평균 신호 대 잡음 비(SNR: Signal Noise Ratio)은 $1/\sigma^2$라 정의하고, 선택된 사용자들은 동시에 256 심볼들로 구성된 데이터 패킷들을 송신하고, 사용자들의 수는 10으로 설

정한다.

[0096] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따라 BPSK 변조가 $\mathcal{D}_{XOR}$와 함께 사용되는 경우, 다른 선택 기준 별 처리량을 나타내는 그래프이다.

[0097] 도 6을 참조하면, 본 발명에서 제안하는 두 가지 선택 기준 즉, 최서 거리 기준과 채널 놈 기준을 기반으로 사용자들의 쌍을 선택하는 경우의 엔드 투 엔드 처리량 성능이 라운드 로빈(round robin) 시스템 대비 상당히 높음을 알 수 있다.

[0098] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따라 QPSK 변조가 $\mathcal{D}_{XOR}$와 $\mathcal{D}_{AD}$ 각각과 함께 사용되는 경우, 다른 선택 기준 별 처리량을 나타내는 그래프이다.

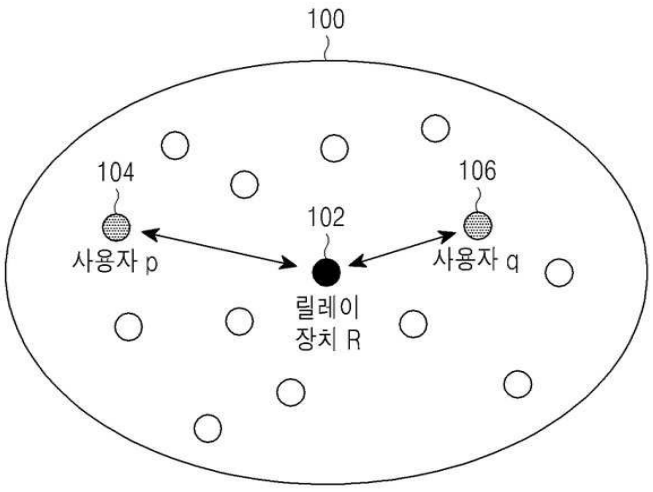
[0099] 도 7을 참조하면, $\mathcal{D}_{XOR}$와 $\mathcal{D}_{AD}$ 모두 최소 거리 기준을 사용하여 사용자 쌍을 선택하는 경우가 채널 놈 기준을 사용하여 사용자 쌍을 선택하는 경우의 성능을 개선함을 나타낸다.

[0100] 더욱이, 도 3b에 도시된 $\bar{d}_1$에 대한 영역들은 도 3a에 도시된 $\bar{d}_1$에 대한 영역들보다 크다. 그러므로, 최소 거리는 채널 놈에 의해서 우세하게 결정됨을 알 수 있다. 그리고, 상기 채널 놈 기준과 상기 최소 거리 기준 간의 성능 갭은 $\mathcal{D}_{XOR}$을 사용하는 경우에 비해 $\mathcal{D}_{AD}$를 사용할 경우에 감소된다. 상기 시뮬레이션 결과들로부터, 본 발명에서 제안하는 사용자들의 쌍 선택 기준들은 다중 사용자가 존재하는 릴레이 시스템에서 시스템 성능을 높이는 데 효과적임을 알 수 있다.

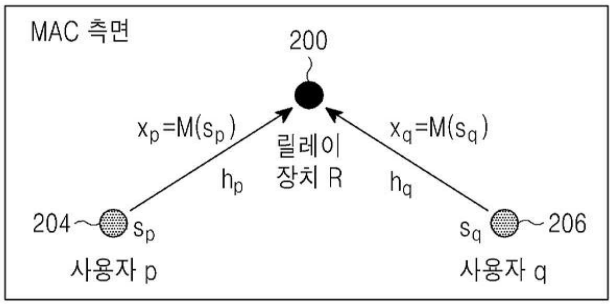
[0101] 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

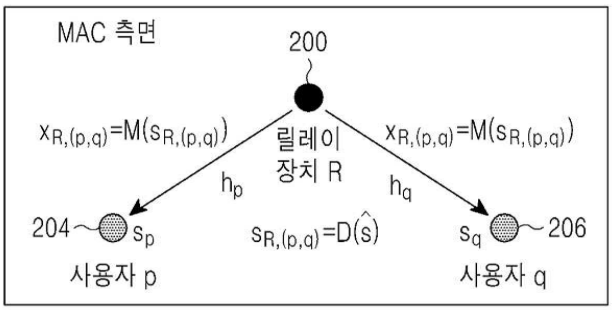
도면1



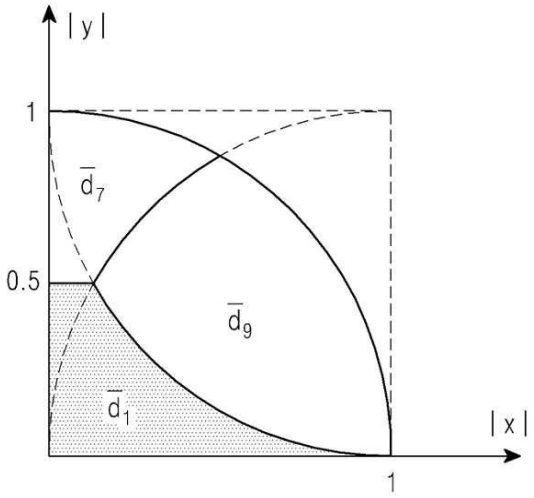
도면2a



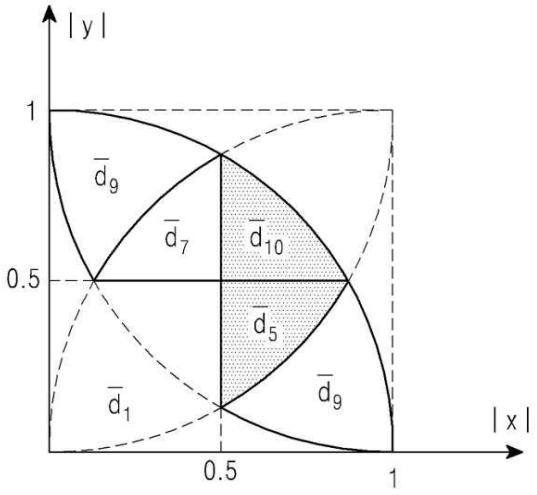
도면2b



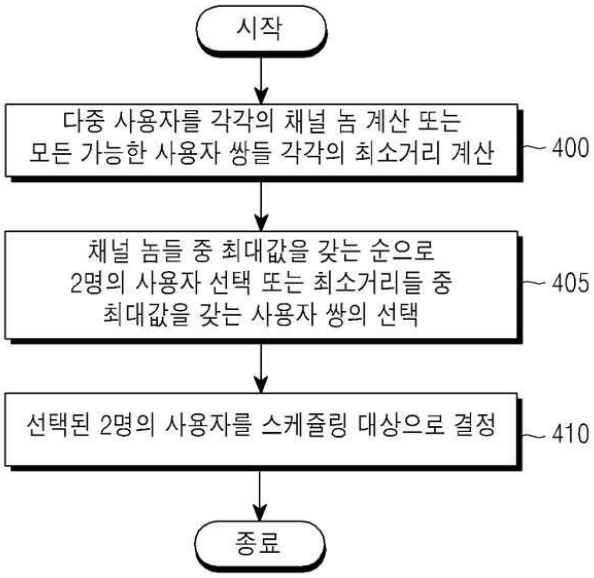
도면3a



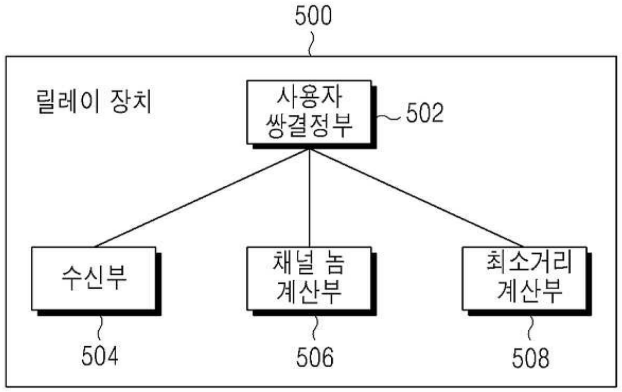
도면3b


| y |
1
0.5
$\bar{d}_9$
$\bar{d}_7$
$\bar{d}_{10}$
$\bar{d}_5$
$\bar{d}_1$
$\bar{d}_9$
| x |
0.5
1

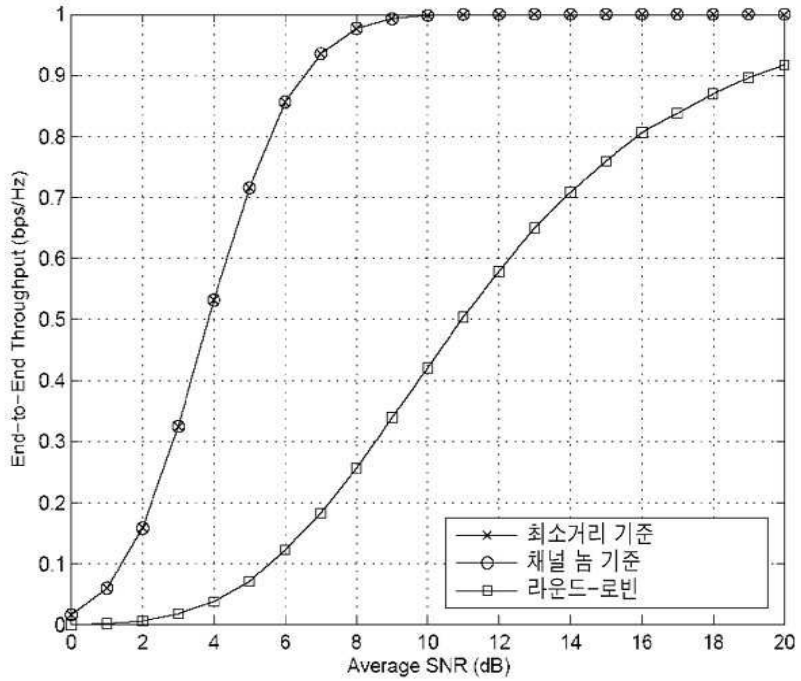
도면4


시작
다중 사용자를 각각의 채널 놈 계산 또는
모든 가능한 사용자 쌍들 각각의 최소거리 계산
400
채널 놈들 중 최대값을 갖는 순으로
2명의 사용자 선택 또는 최소거리들 중
최대값을 갖는 사용자 쌍의 선택
405
선택된 2명의 사용자를 스케쥴링 대상으로 결정
410
종료

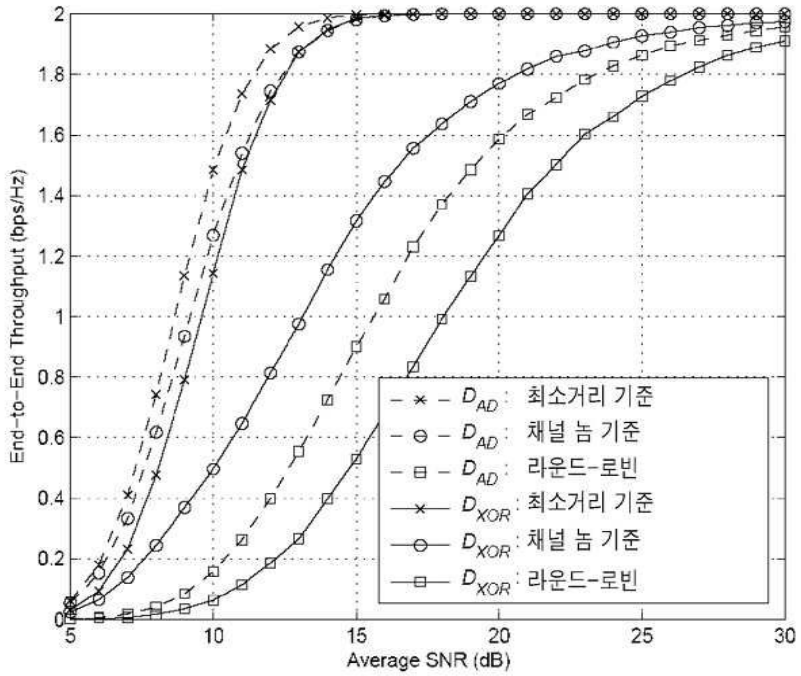
도면5


500
릴레이 장치
사용자
쌍결정부
502
수신부
504
채널 놈
계산부
506
최소거리
계산부
508

도면6


End-to-End Throughput (bps/Hz)
Average SNR (dB)
최소거리 기준
채널 놈 기준
라운드-로빈

도면7


End-to-End Throughput (bps/Hz)
Average SNR (dB)
D_{AD} : 최소거리 기준
D_{AD} : 채널 놈 기준
D_{AD} : 라운드-로빈
D_{XOR} : 최소거리 기준
D_{XOR} : 채널 놈 기준
D_{XOR} : 라운드-로빈