(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0095905
(43) 공개일자 2013년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0017291
(22) 출원일자 2012년02월21일
심사청구일자 2012년02월21일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
박대영
인천광역시 남동구 구월2동 롯데캐슬골드 2406-1302
구본익
서울특별시 강서구 가양동 한강타운 아파트 108동 504호
(74) 대리인
양성보

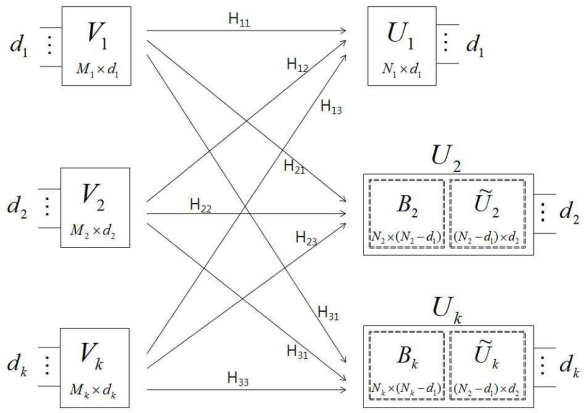
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **협력적인 주 사용자가 있는 인지 네트워크에서의 간섭 정렬 방법**

(57) 요 약

협력적인 주 사용자가 있는 인지 네트워크에서의 간섭 정렬 방법이 개시된다. 인지 무선 시스템에서의 간섭 정렬 방법은 주 사용자의 송신기에서 특이 값 분해를 통해 송신 행렬 V_1을 결정하는 (1) 단계; 부 사용자의 수신기에서 주 사용자로부터 수신되는 간섭을 영공간으로 생성하는 행렬 B_k를 결정하는 (2) 단계; 주 사용자의 수신기에서 부 사용자로부터 수신되는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_1을 결정하는 (3) 단계; 부 사용자의 수신기에서 다른 사용자들로부터 수신되는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_k을 결정한 후, 행렬 U_k에 행렬 B_k를 곱한 행렬 $U_k(=B_kU_k)$을 수신 행렬로 사용하는 (4) 단계; 및 부 사용자의 송신기에서 수신 행렬을 이용하여 다른 사용자들의 수신기에 간섭을 미치지 않도록 하는 행렬 V_k를 결정하는 (5)단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2010-0003603
부처명	교육과학기술부
연구사업명	기초연구사업 (일반연구자지원사업)
연구과제명	차세대 이동통신 시스템에서 다중 셀 다중 안테나에 적합한 간섭 기술 연구
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

인지 무선 시스템에서의 간섭 정렬 방법에 있어서,

주 사용자의 송신기에서 특이 값 분해를 통해 송신 행렬 V_1을 결정하는 (1) 단계;

부 사용자의 수신기에서 상기 주 사용자로부터 수신되는 간섭을 영공간으로 생성하는 행렬 B_k를 결정하는 (2) 단계;

상기 주 사용자의 수신기에서 상기 부 사용자로부터 수신되는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_1을 결정하는 (3) 단계;

상기 부 사용자의 수신기에서 다른 사용자들로부터 수신되는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_k을 결정한 후, 상기 행렬 U_k에 상기 행렬 B_k를 곱한 행렬 $U_k(=B_kU_k)$을 수신 행렬로 사용하는 (4) 단계; 및

상기 부 사용자의 송신기에서 상기 수신 행렬을 이용하여 상기 다른 사용자들의 수신기에 간섭을 미치지 않도록 하는 행렬 V_k를 결정하는 (5)단계

를 포함하는 간섭 정렬 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (2) 단계는,

$$B_k^H H_{k1} V_1 = 0$$

(여기서, 1은 주 사용자를 나타내는 인덱스, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, H_{k1}는 주 사용자에게 부 사용자 간의 채널 정보)의 조건을 만족하는 상기 행렬 B_k를 결정하는 것

을 특징으로 하는 간섭 정렬 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (3) 단계는,

$$U_1^H H_{1k} V_k = 0$$

(여기서, 1은 주 사용자를 나타내는 인덱스, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, H_{1k}는 부 사용자에서 주 사용자 간의 채널 정보, V_k는 부 사용자의 송신 행렬)의 조건을 만족하는 행렬 U_1을 결정하는 것

을 특징으로 하는 간섭 정렬 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (4) 단계는,

$$\widetilde{U_k^H} B_k^H H_{kj} V_j = 0$$

(여기서, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, j는 다른 사용자를 나타내는 인덱스, H_{kj}는 다른 사용자에게 부 사용자 간의 채널 정보, V_j는 다른 사용자의 송신 행렬)의 조건을 만족하는 상기 행렬 U_k를 결정하는 것

을 특징으로 하는 간섭 정렬 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

$\widetilde{U_k^H} B_k^H H_{kj} V_j = 0$ (여기서, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, j는 다른 사용자를 나타내는 인덱스, H_{kj}는 다른 사용자에게 부 사용자 간의 채널 정보, V_j는 다른 사용자의 송신 행렬)에 해당되는 제1 조건, 및

$U_1^H H_{1k} V_k = 0$ (여기서, 1은 주 사용자를 나타내는 인덱스, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, H_{1k}는 부 사용자에서 주 사용자 간의 채널 정보, V_k는 부 사용자의 송신 행렬)에 해당되는 제2 조건이 만족될 때까지

상기 (3) 단계 내지 상기 (5) 단계를 반복하는 (6) 단계

더 포함하는 간섭 정렬 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 조건과 상기 제2 조건을 만족하면 각 사용자 간에 미치는 간섭이 제거되고 소정 개수(d_k)의 전송 스트림이 상기 부 사용자에게 보장되는 것

을 특징으로 하는 간섭 정렬 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 인지 네트워크에서의 주 사용자의 수신 측에서 부 사용자의 채널 상황을 고려하여 부 사용자로부터 오는 간섭을 정렬하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 인지 무선(Cognitive radio; CR) 기술은 주파수 대역을 소유하고 있는 주 사용자(primary user)가 해당 주파수 대역을 사용하지 않고 있을 때 부 사용자(secondary user)가 임시로 사용함으로써 주파수 효율을 향상시키는 기술이다. 주 사용자는 언제든지 주파수 대역을 다시 사용할 수 있으며 부 사용자에 대해 배타적인 권한을 갖는다. 따라서, 부 사용자는 주 사용자 출현 시 주 사용자에게 일절 간섭이 미치지 않도록 해야 한다.

[0003] 간섭 정렬(Interference alignment) 방식은 네트워크 내의 각 사용자들이 서로 간의 간섭과 원하는 신호를 분리함으로써 서로 같은 주파수 대역을 사용할 수 있도록 하는 방식이다. 예컨대, 한국등록특허 제10-1094442호(시변 다중 사용자 다중 안테나 간섭 채널 환경에서의 적응형 간섭 정렬 방법)에는 원하는 신호와 간섭을 서로 다른 공간으로 나누는 간섭 정렬 기술이 개시되어 있다.

[0004] 다중 안테나를 사용하는 시스템에서 각 사용자들은 서로 간에 정보를 교환하며 반복 알고리즘을 통해 간섭 정렬 방식을 사용할 수 있다. 간섭 정렬을 사용하는 시스템에서 각 사용자가 전송할 수 있는 스트림 수는 시스템 내에서 정의할 수 있는 변수와 식의 개수로 정할 수 있다.

[0005] 인지 무선 기술에 간섭 정렬 방식을 적용하면 사용자 간 간섭과 원하는 신호를 분리해내기 때문에 주 사용자가 주파수 대역을 사용하고 있는 중에도 부 사용자가 동일한 대역에서 동시에 사용할 수 있다.

[0006] 기존에는 인지 무선 기술에서 간섭 정렬 방식을 사용할 때, 주 사용자의 송수신 행렬은 부 사용자의 채널 상황에 무관하게 결정하고, 부 사용자의 송수신 행렬은 주 사용자의 채널 상황을 고려하여 송수신 행렬을 설계하여 간섭을 정렬시켰다. 그 결과, 주 사용자에서 오는 간섭, 부 사용자에서 주 사용자로 가는 간섭, 부 사용자들 간의 간섭 등이 각 수신기에서 각각 정렬되어 원하는 신호를 전송하기 위한 스트림 수를 확보할 수 있다. 그러나, 주 사용자가 데이터 스트림을 많이 사용할 경우에 부 사용자는 간섭을 정렬시키면서 보낼 수 있는 스트림이 남지 않아서 통신을 할 수가 없게 되는 문제점이 있다. 즉, 부 사용자의 전송 스트림 개수는 주 사용자의 스트

림 개수에 제한을 받게 되는 것이다.

[0007] 따라서, 부 사용자가 좀 더 많은 스트림을 활용할 수 있도록 하여 전체 시스템의 전송 속도를 높일 수 있는 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 인지 무선 기술에서 다중 안테나를 사용한 송수신 행렬을 적절히 설계하여 수신기에서 수신되는 간섭들을 정렬시켜 전송률을 향상시키는 인지 네트워크에서의 협력적인 간섭 정렬 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0009] 인지 무선 시스템에서의 간섭 정렬 방법은 주 사용자의 송신기에서 특이 값 분해를 통해 송신 행렬 V_1을 결정하는 (1) 단계; 부 사용자의 수신기에서 주 사용자로부터 수신되는 간섭을 영공간으로 생성하는 행렬 B_k를 결정하는 (2) 단계; 주 사용자의 수신기에서 부 사용자로부터 수신되는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_1을 결정하는 (3) 단계; 부 사용자의 수신기에서 다른 사용자들로부터 수신되는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_k을 결정한 후, 행렬 U_k에 행렬 B_k를 곱한 행렬 $U_k(=B_kU_k)$을 수신 행렬로 사용하는 (4) 단계; 및 부 사용자의 송신기에서 수신 행렬을 이용하여 다른 사용자들의 수신기에 간섭을 미치지 않도록 하는 행렬 V_k를 결정하는 (5)단계를 포함할 수 있다.

[0010] 일 측면에 따르면, (2) 단계는 $B_k^H H_{k1} V_1 = 0$ (여기서, 1은 주 사용자를 나타내는 인덱스, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, H_{k1}는 주 사용자에게 부 사용자 간의 채널 정보)의 조건을 만족하는 행렬 B_k를 결정한다.

[0011] 다른 측면에 따르면, (3) 단계는 $U_1^H H_{1k} V_k = 0$ (여기서, 1은 주 사용자를 나타내는 인덱스, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, H_{1k}는 부 사용자에서 주 사용자 간의 채널 정보, V_k는 부 사용자의 송신 행렬)의 조건을 만족하는 행렬 U_1을 결정한다.

[0012] 또 다른 측면에 따르면, (4) 단계는 $\widetilde{U_k^H} B_k^H H_{kj} V_j = 0$ (여기서, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, j는 다른 사용자를 나타내는 인덱스, H_{kj}는 다른 사용자에게 부 사용자 간의 채널 정보, V_j는 다른 사용자의 송신 행렬)의 조건을 만족하는 행렬 U_k를 결정한다.

[0013] 또 다른 측면에 따르면, 인지 무선 시스템에서의 간섭 정렬 방법은 $\widetilde{U_k^H} B_k^H H_{kj} V_j = 0$ (여기서, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, j는 다른 사용자를 나타내는 인덱스, H_{kj}는 다른 사용자에게 부 사용자 간의 채널 정보, V_j는 다른 사용자의 송신 행렬)에 해당되는 제1 조건, 및 $U_1^H H_{1k} V_k = 0$ (여기서, 1은 주 사용자를 나타내는 인덱스, k는 부 사용자를 나타내는 인덱스, H_{1k}는 부 사용자에서 주 사용자 간의 채널 정보, V_k는 부 사용자의 송신 행렬)에 해당되는 제2 조건이 만족될 때까지 (3) 단계 내지 (5) 단계를 반복하는 (6) 단계를 더 포함한다.

[0014] 또 다른 측면에 따르면, 제1 조건과 제2 조건을 만족하면 각 사용자 간에 미치는 간섭이 제거되고 소정 개수(d_k)의 전송 스트림이 부 사용자에게 보장될 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 주 사용자의 수신 측에서 부 사용자의 채널 상황을 고려하여 부 사용자로부터 오는

간섭을 정렬시키고 제거하는 수신 필터 행렬을 제공할 수 있다. 따라서, 주 사용자의 수신 측에서 간섭 정렬에 참여하게 되면 부 사용자에서 주 사용자로 가는 간섭을 제거하기가 용이하고, 부 사용자들이 활용할 수 있는 스트림의 수를 증가시킬 수 있다. 결과적으로, 간섭 정렬을 위한 송/수신 행렬을 결정하는 과정에서 부 사용자에게 더 많은 데이터 스트림을 할당할 수 있어 전체 시스템의 전송 속도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 인지 무선 기술에서 협력적 주 사용자가 있는 간섭 정렬 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 각 부 사용자가 같은 스트림을 갖는 경우, 주 사용자와 부 사용자, 그리고 채널 용량의 총 합을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 각 부 사용자가 서로 다른 스트림을 갖고 주 사용자의 스트림 개수를 제한할 때 시스템 전송 용량을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 5명의 사용자가 있는 시스템에서 주 사용자의 스트림에 따른 전송 용량을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0018] 본 발명에 따른 간섭 정렬 방법은 한정된 주파수 자원을 사용하는 인지 무선 시스템에 적용될 수 있다. 주 사용자와 부 사용자가 동시에 같은 주파수를 사용하는 무선 인지 네트워크에서 간섭 정렬 방식을 사용하여 주파수 효율성을 높일 수 있다. 그러나, 부 사용자의 데이터 스트림 수는 주 사용자의 스트림 수에 제한을 받게 되므로, 주 사용자가 많을 스트림을 차지할 경우 부 사용자는 아예 전송을 못하게 된다.

[0019] 본 발명의 실시예에서는 주 사용자가 부 사용자로부터의 간섭 채널을 고려하여 주 사용자의 수신단 필터를 결정함으로써 부 사용자에게 좀 더 많은 스트림을 할당할 수 있고 궁극적으로 주 사용자와 부 사용자의 전송 속도의 합을 증가시킬 수 있다.

[0020] 도 1의 시스템에서 M_k, N_k는 각각 k번째 사용자의 송신, 수신 안테나 개수를 나타낸다. H_{ij}는 j번째 사용자에서 i번째 사용자간의 채널을 나타내며 송/수신 측 모두가 채널 정보를 알고 있다고 가정한다. 주 사용자의 송신 행렬(V_1)은 특이값 분해로 얻을 수 있는 우특이행렬을 사용한다. k번째 부 사용자의 수신 측에서는 주 사용자의 송신 신호를 영공간으로 정렬시키는 행렬 B_k를 찾고 간섭 정렬을 시작한다.

수학식 1

[0021]
$$B_k^H H_{k1} V_1 = 0$$

수학식 2

[0022]
$$\widetilde{U_k^H} B_k^H H_{kj} V_j = 0$$

수학식 3

[0023]
$$U_1^H H_{1k} V_k = 0$$

수학식 4

[0024]
$$rank(U_i^H H_{ii} V_{ii}) = d_i$$

[0025] 여기에서, k, i, j(단, k, j=2, ..., K이고, i=1, ..., K)는 사용자를 나타내는 인덱스이다.

[0026] k번째 부 사용자의 수신 측에서는 B_k를 찾은 이후에 다른 부 사용자에게서 오는 간섭을 제거할 수 있는 U_k 행렬을 찾는다(수학식 1과 수학식 2). 주 사용자의 수신 측에서는 B_k 행렬이 없고 바로 U_1 행렬이 다른 부 사용자에게서 오는 간섭을 제거한다(수학식 3). 그리고 부 사용자의 송신 측에서는 다른 사용자의 수신 측에 간섭을 미치지 않도록 하는 V_k 행렬을 찾는다.

[0027] 위와 같은 송수신 행렬은 각 사용자들이 정보를 교환하며 반복 알고리즘을 통해 찾을 수 있다. 수학식 2와 수학식 3을 만족하면 각 사용자들은 서로 간에 미치는 간섭은 제거하고 d_k개의 전송 스트림을 얻는다(수학식 4).

[0028] 본 발명에 따른 간섭 정렬 방법의 동작 과정을 정리하면 다음과 같다.

[0029] 1. 주 사용자는 특이값 분해를 수행하여 송신 행렬 V_1을 결정

[0030] 2. 부 사용자의 수신 측에서는 주 사용자에게서 오는 간섭을 영공간으로 생성하는 행렬 B_k를 결정

[0031] 3. 주 사용자의 수신 측에서는 다른 사용자들에게서 오는 간섭을 정렬시키는 행렬 U_1을 결정

[0032] 4. 부 사용자의 수신 측에서는 다른 부 사용자들에게서 오는 간섭을 정렬시키는 U_k를 찾고 $U_k=B_kU_k$인 U_k를 수신 행렬로 사용

[0033] 5. 부 사용자의 송신 측에서는 수신 측에게서 행렬을 넘겨받아 수신 측에 간섭을 미치지 않게 하는 V_k 행렬을 결정

[0034] 6. 수렴할 때까지 상기한 3~5 과정을 반복

[0035] 각 사용자가 받게 되는 신호는 수학식 5와 같이 표현할 수 있다.

수학식 5

[0036]
$$Y_k = H_{kk} V_k X_k + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{K} H_{kj} V_j X_j + Z_k$$

[0037] 여기에서 X_k는 k번째 사용자가 전송하고자 하는 데이터 벡터를 나타내고 Z_k는 가우시안 잡음을 나타낸다.

[0038] 간섭 정렬 알고리즘을 통해 얻은 송신 행렬을 곱하면,

수학식 6

[0039]
$$U_k^H Y_k = U_k^H H_{kk} V_k X_k + U_k^H Z_k$$

[0040] 수학식 6과 같이 되고, 결국 신호와 잡음만 남게 된다. 이때 각 사용자의 채널 용량(C_k)은 수신 행렬이 채널의 고유값을 감소시키기 때문에 수학식 7과 같다.

수학식 7

[0041] $$C_k = \log_2 \det(I + U_k^H H_{kk} V_k P_k V_k^H H_{kk}^H U_k)$$

[0042] 여기서, P_k행렬은 각 사용자의 출력 공분산 행렬이다.

[0043] 한편, 동작 가능한 최대의 스트림 개수(d)를 구하기 위해서는 시스템 내의 전체 변수의 수(N_v)와 식의 수(N_e)가 먼저 정의되어야 한다. 변수의 수(N_v)는 수학식 8과 같이 정의되며, 식의 수(N_e)는 수학식 9와 같이 정의될 수 있다.

수학식 8

[0044] $$N_v = \sum_{i=2}^{K} d_i (M_i + N_i - 2d_i) + d_1 (N_1 - d_1)$$

수학식 9

[0045] $$N_e = \sum_{i=1}^{K} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{K} d_i d_j$$

[0046] 수학식 8의 값이 수학식 9보다 작으면($N_v<N_e$) 그 시스템은 올바르게 동작할 수 없다. 그리고 모든 부 사용자의 스트림 수가 같을 때 수학식 8이 수학식 9보다 크면($N_v \geq N_e$) 그 시스템은 올바르게 동작할 수 있다. 각각의 부 사용자의 스트림 수가 다르다면 변수의 수와 식의 수의 총합을 고려하는 것이 아니라 각각의 사용자간에 변수의 수가 식의 수보다 클 때 시스템이 올바르게 동작할 수 있다.

[0047] 스트림의 수는 정수로 표현되기 때문에 모든 부 사용자가 같은 스트림 수를 갖는 것은 시스템을 완벽히 이용하지 못하는 경우가 생기게 된다. 따라서 각 부 사용자가 다른 스트림 수를 가질 수 있도록 하는 것이 좀 더 효율적이다.

[0048] 변수의 수는 송/수신 행렬이 생성할 수 있는 공간에 대한 최소의 수로 정의된다. 식의 수는 각 사용자가 수학식 1 내지 수학식 4를 만족하도록 하는 연립다항식의 개수를 의미한다. 주 사용자의 송신 측은 간섭 정렬과 관계가 없기 때문에 변수의 수에 포함되지 않으며, 수신 측만 포함된다.

[0049] 수학식 8과 수학식 9를 보면, 전체 사용자의 스트림 수를 최대화하기 위한 특정 $\hat{d}_1$값이 존재하게 된다. $\hat{d}_1$이상이 되면 전체 스트림 수가 급격하게 감소하므로 주 사용자의 수신 측에서는 주 사용자의 스트림 수를 $\hat{d}_1$이하가 되도록 제한함으로써 전체 시스템의 전송용량을 최대화할 수 있다.

[0050] 도 2는 1명의 주 사용자와 2명의 부 사용자가 있는 환경에서 모든 사용자의 송/수신 측이 6개의 안테나를 사용할 경우에 신호 대 잡음비에 따른 채널 용량의 변화를 나타낸 것이다. 인지 무선 기술에서 간섭 정렬 방식을 사용할 경우(Cognitive IA) 주 사용자의 신호 대 잡음비가 높아질수록, 부 사용자의 스트림 개수는 줄어들고 이는 곧 채널 용량의 감소로 이어진다. 제안하는 방식(Cooperative IA)은 기존 방식에 비해 부 사용자가 좀 더 많은 스트림을 차지하므로 좀 더 높은 채널 용량을 달성할 수 있다.

[0051] 주 사용자의 수신 측이 간섭 정렬에 참여하면 간섭을 제거하는 행렬이 채널 용량을 감소시키기 때문에 기존 방식에서 주 사용자보다 작은 채널 용량을 얻게 된다. 그러나 부 사용자의 증가량이 더 크기 때문에 총 합이 증

가한다.

[0052] 도 3 에서는 사용자 수는 4명이고 안테나 수는 도 2의 환경과 같을 때 제안하는 방식은 부 사용자에게 더 많은 스트림 수를 제공하게 되고 각 부사용자가 서로 다른 스트림 수를 가지면 보다 효율적인 시스템이 될 수 있다. 따라서 도 2와는 다르게 모든 영역에서 기존의 방식과 같거나 높은 채널 용량을 달성한다. 그 이유는 부 사용자의 채널 용량이 많이 향상되었기 때문에 높은 성능을 나타낼 수 있는 것인데, 부 사용자들의 스트림의 개수를 보면 종전에 2개였던 것이 4개로 증가한 것을 알 수 있다.

[0053] 도 4는 1명의 주 사용자와 4명의 부 사용자가 있는 시스템에서 신호 대 잡음비를 30dB로 고정했을 때 주 사용자의 스트림 개수에 따른 채널 용량과 총 스트림 개수를 나타낸 것이다. 인지 무선 기반에서가 아닌 일반적인 환경에서의 간섭 정렬의 경우(Original IA), 첫 번째 사용자의 스트림 개수에 따른 전송률을 관찰하였다. 주 사용자의 스트림 개수가 많다는 것은 제안하는 방식에서 간섭 정렬에 쓰이는 행렬의 크기가 작다는 것을 의미하므로 주 사용자의 스트림 개수가 커질수록 세 가지 방식에서 주 사용자의 채널 용량은 모두 비슷해진다.

[0054] 기존의 인지 무선 기반 간섭 정렬 방식은 총 스트림 수는 같더라도 주 사용자의 스트림 수를 높이면 항상 더 낮은 채널 용량을 달성할 수 있다. 그러나 제안하는 방식은 총 스트림 수가 같다면 주 사용자의 스트림 수를 높여도 비슷한 채널 용량을 달성할 수 있다. 따라서 간섭 정렬에 참여하는 것이 주 사용자에게 있어서 성능 감소의 요인이 될 수 있지만 주 사용자의 스트림 수를 늘려도 전체 시스템의 성능은 비슷하므로 전체 시스템의 관점에서 본다면 제안하는 방식은 오히려 주 사용자의 성능을 향상시킬 수도 있다.

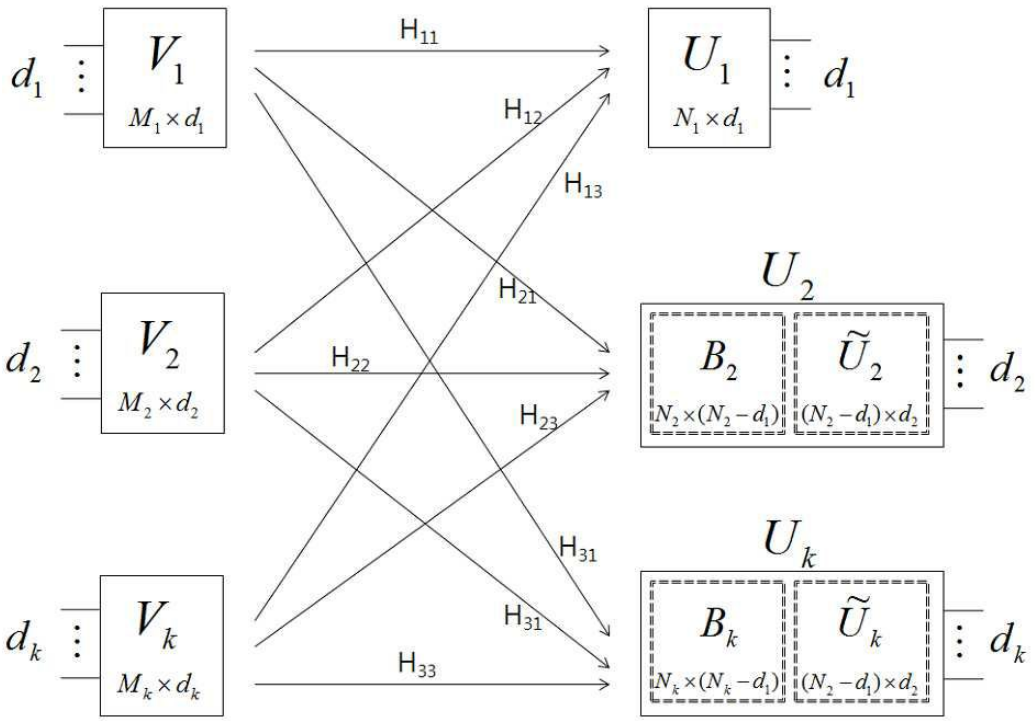
[0055] 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 또한, 상술한 파일 시스템은 컴퓨터 판독이 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다.

[0056] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

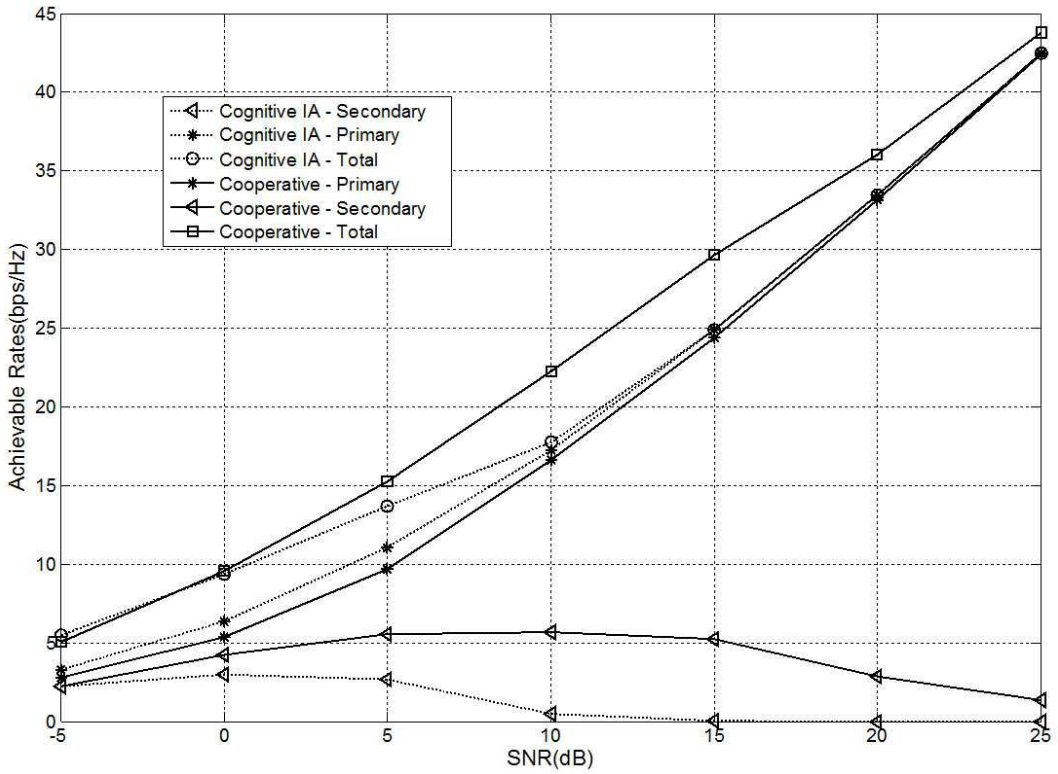
[0057] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

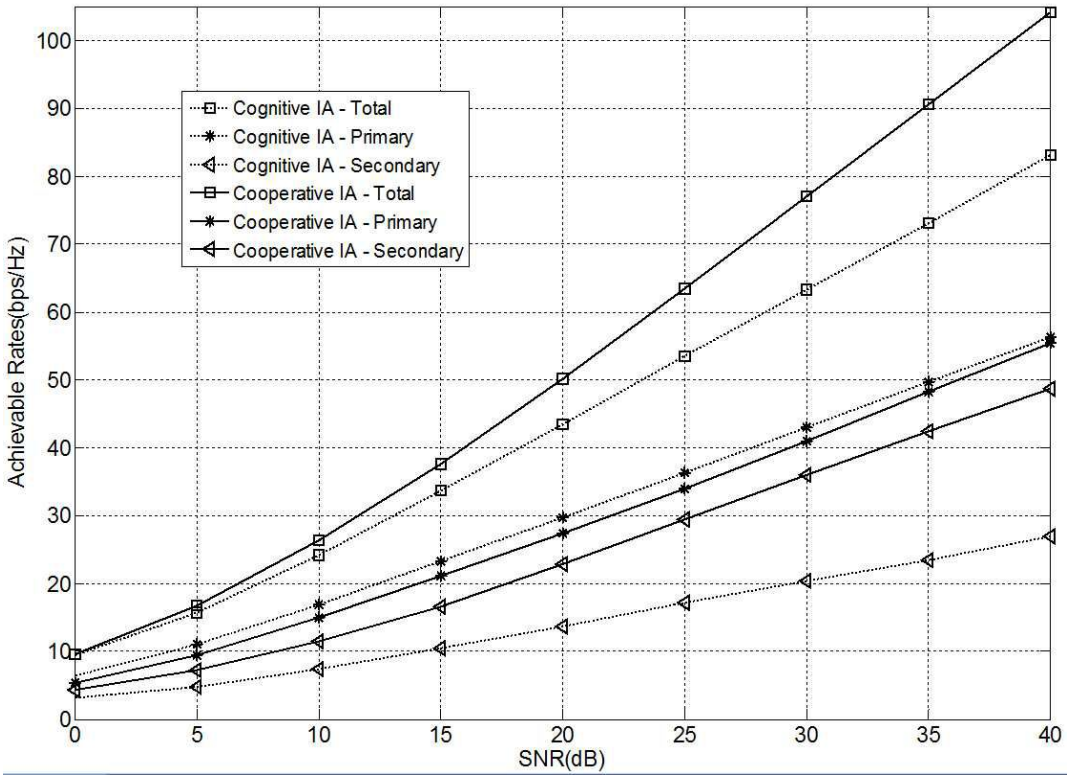
도면1


d_1
V_1
$M_1 \times d_1$
d_2
V_2
$M_2 \times d_2$
d_k
V_k
$M_k \times d_k$
H11
H12
H13
H21
H22
H23
H31
H31
H33
U_1
$N_1 \times d_1$
d_1
U_2
B_2
$N_2 \times (N_2 - d_1)$
$\tilde{U}_2$
$(N_2 - d_1) \times d_2$
d_2
U_k
B_k
$N_k \times (N_k - d_1)$
$\tilde{U}_k$
$(N_2 - d_1) \times d_2$
d_k

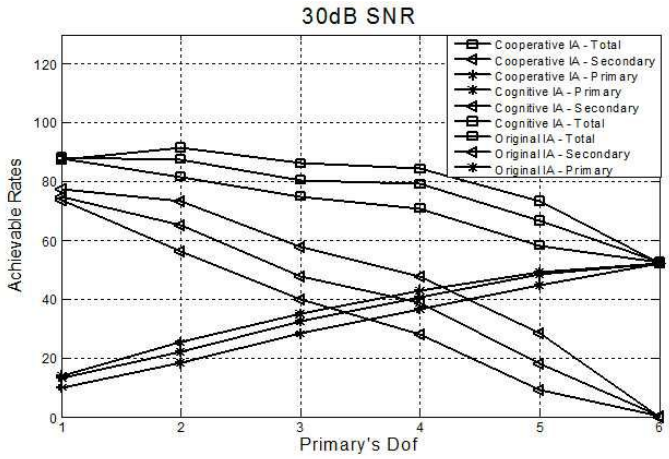
도면2


Cognitive IA - Secondary
Cognitive IA - Primary
Cognitive IA - Total
Cooperative - Primary
Cooperative - Secondary
Cooperative - Total
Achievable Rates(bps/Hz)
SNR(dB)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
-5
0
5
10
15
20
25

도면3



도면4



주 사용자	총 스트림 수		
	기존 방법	제안하는 방법	간섭 정렬
1	9	9	9
2	8	9	10
3	7	8	9
4	7	8	9
5	6	7	8
6	6	6	6