



(51) 국제특허분류:

H04B 7/04 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2011/006613

(22) 국제출원일:

2011년 9월 7일 (07.09.2011)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

61/405,219 2010년 10월 21일 (21.10.2010) US

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.) [KR/KR]; 서울 영등포구 여의도동 20, 150-721 Seoul (KR). 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교, 120-749 Seoul (KR).

(72) 발명자: 겸

(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 김기준 (KIM, Ki Jun) [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533 엘지연구개발연구소, 431-749 Gyeonggi-do (KR). 조성윤 (CHO, Sung Yoon) [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533 엘지연구개발연구소, 431-749 Gyeonggi-do (KR). 김동구 (KIM, Dong Ku) [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533 엘지연구개발연구소, 431-749 Gyeonggi-do (KR). 장진영 (JANG, Jin Young) [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533 엘지연구개발연구소, 431-749 Gyeonggi-do (KR). 김병훈 (KIM, Byoung Hoon) [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533 엘지연구개발연구소, 431-749 Gyeonggi-do (KR). 채혁진 (CAHE, Hyuk Jin) [KR/KR]; 경기도 안양시 동안구 호계 1동 533 엘지연구개발연구소, 431-749 Gyeonggi-do (KR).

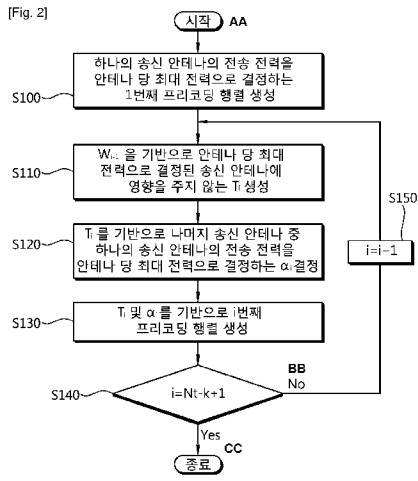
(74) 대리인: 양문옥 (YANG, Moon Ock); 서울 강남구 역삼동 735-10 삼흥역삼빌딩 2층 에센트허법률사무소, 135-080 Seoul (KR).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRECODING IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법 및 장치

[Fig. 2]

AA ... Start
BB ... No
CC ... Yes
DD ... EndS100 ... Generate 1st precoding matrix for deciding transmission power of one transmission antenna as maximum power per antennaS110 ... Generate T_i which does not influence transmission antenna decided as having maximum power per antenna based on W_{i-1} S120 ... Determine α_i for determining transmission power of one transmission antenna from the rest of transmission antennas which do not have transmission power as the maximum power per antenna, based on the T_i S130 ... Generating the i^{th} precoding matrix W_i based on the T_i and the α_i S140 ... $i=Nt-k+1$
S150 ... $i=i-1$ (57) Abstract: Provided is a method and a device for precoding in a wireless communication system. The method for precoding comprises the following steps: generating a first precoding matrix, W_1 , for deciding the transmission power of one transmission antenna from a plurality of transmission antennas as the maximum power per antenna; generating a zero forcing (ZF) precoding matrix, T_i , which does not influence the transmission antenna having the power which is decided as the maximum power per antenna, based on the $(i-1)^{\text{th}}$ precoding matrix W_{i-1} ($i=2,3,\dots$); determining α_i , a constant which has the transmission power of one transmission antenna from the rest of the transmission antennas, which do not have the transmission power as the maximum power per antenna, based on the T_i ; and generating the i^{th} precoding matrix W_i based on the T_i and the α_i .(57) 요약서: 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법 및 장치가 제공된다. 상기 프리코딩 방법은 복수의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 W_1 을 생성하고, $(i-1)$ 번째 프리코딩 행렬 W_{i-1} ($i=2,3,\dots$)을 기반으로 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 T_i 을 생성하고, 상기 T_i 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하고, 상기 T_i 및 상기 α_i 를 기반으로 i 번째 프리코딩 행렬 W_i 을 생성하는 것을 포함한다.



(81) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,

KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))
- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

명세서

발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법 및 장치 기술분야

[0001] 본 발명은 무선 통신에 관한 것으로, 보다 상세하게는 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 기술은 다중 송신 안테나와 다중 수신 안테나를 사용하여 데이터의 송수신 효율을 향상시킨다. MIMO 시스템에서 다이버시티를 구현하기 위한 기법에는 SFBC(Space Frequency Block Code), STBC(Space Time Block Code), CDD(Cyclic Delay Diversity), FSTD(frequency switched transmit diversity), TSTD(time switched transmit diversity), PVS(Precoding Vector Switching), 공간 다중화(SM; Spatial Multiplexing) 등이 있다. 수신 안테나 수와 송신 안테나 수에 따른 MIMO 채널 행렬은 다수의 독립 채널로 분해될 수 있다. 각각의 독립 채널은 레이어(layer) 또는 스트림(stream)이라 한다. 레이어의 개수는 랭크(rank)라 한다.

[0003] MIMO 기술 중 더티 페이퍼 코딩(dirty paper coding) 방식은 간섭으로 작용하는 다른 사용자의 데이터를 전송기에서 미리 제거하여 간섭을 줄이며, 이론적으로 MIMO 시스템에서 최대의 채널 용량을 제공하는 것으로 알려져 있다. 이는 M. H. M. Costa, "Writing on Dirty Paper," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 29, no. 3, pp. 439-441, May, 1983.을 참조할 수 있다. 그러나 더티 페이퍼 코딩 방식은 많은 채널 정보를 필요로 하며 비선형 연산에 의한 연산의 복잡도가 높아 실제 시스템에서는 구현하기 어렵다는 단점이 존재한다. 이에 따라 더티 페이퍼 코딩 방식의 원리를 실제 시스템에서 구현할 수 있도록 선형적인 연산을 수행하는 다양한 대체 기법들이 제안되고 있다. 다양한 대체 기법 중 ZF-BF(Zero-Forcing Beamforming) 방식은 채널의 의사 역행렬(pseudo inverse matrix)을 기지국의 프리코딩 행렬로 사용하여, 채널과 프리코딩 행렬이 곱해졌을 때 단위행렬이 얻어지는 성질을 이용한다. 즉, 사용자 간의 간섭을 고려하여 기지국에서 전처리(pre-process)를 거치게 된다. ZF-BF 방식은 선형 연산만을 수행하여 연산의 복잡도가 비교적 낮으며 이에 따라 실제 구현이 용이하다는 장점이 있다.

[0004] ZF-BF 방식을 실제로 구현하기 위하여 기지국 당 전력 제한 조건을 만족해야 할 필요가 있다. 기지국 당 전력 제한 조건을 만족하면서 합 전송률(sum rate)을 최대화하는 전력 할당 방식이 제안될 수 있다. 또한, 실제 시스템의 구현을 위하여 안테나 당 또는 복수의 안테나를 포함하는 안테나 그룹 당 전력 제한 조건이 고려될 수 있다. 안테나 당 전력 제한 조건이 고려되는 경우, Pinv-Opt-PA(Pseudo-inverse with Optimal Power Allocation) 방식은 채널의 의사 역행렬에서 모든 안테나가 전력 제한 조건을 만족하면서 합 전송률을

최대화하도록 전력을 할당하는 방식이다. 이는 F. Boccardi and H. Huang, "Optimum power allocation for the MIMO-BC zero-forcing precoder with per-antenna power constraints," in roc. Conf. Information Sciences Systems (CISS), Mar. 2006.를 참조할 수 있다. Pinv-opt-PA 방식은 최적화 이론에서 널리 알려진 컨벡스 최적화(convex optimization) 문제로 공식화 될 수 있다. 또는, 채널의 일반 역행렬(generalized inverse matrix)에서 모든 안테나가 전력 제한 조건을 만족하면서 합 전송률을 최대화하도록 전력을 할당하는 방식인 Ginv-Opt-PA(Generalized inverse with Optimal Power Allocation) 방식이 적용될 수 있다. 이는 Ami Wiesel, Yonina C. Eldar and Shlomo Shamai(Shitz), "Zero-Forcing Precoding and Generalized Inverses," IEEE Trans. Signal Process., vol.56, no. 9, pp.4409-4418, Sep.2008.를 참조할 수 있다. 행렬 A의 일반화 역행렬은 A의 의사 역행렬과 A의 영공간에 속한 행렬의 합으로 나타낼 수 있으며, 일반화 역행렬은 의사 역행렬보다 자유도가 높은 역행렬이다. Ginv-Opt-PA 방식은 일반화 역행렬을 통하여 전력 할당에 용이한 최적의 역행렬을 찾으며, 이에 따라 Ginv-Opt-PA 방식은 안테나 당 전력 제한을 고려한 최적의 ZF 프리코딩 기법으로 알려져 있다. Ginv-opt-PA 방식은 비컨벡스 최적화(nonconvex optimization) 문제로, 특수한 경우에만 해가 존재할 수 있다. 이에 따라 실제 구현이 쉽지 않다는 단점이 있다.

- [0005] 기존의 프리코딩 기법과 성능의 차이를 최소화하면서, 연산량을 크게 줄여 실제 구현이 용이한 프리코딩 기법이 요구된다.

발명의 요약

기술적 과제

- [0006] 본 발명의 기술적 과제는 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법 및 장치를 제공하는 데에 있다. 본 발명은 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 시스템의 하향링크(DL; Downlink)에서 안테나 당 전력 제한(per antenna power constraint)을 고려한 저복잡도의 ZF(Zero-Forcing) 프리코딩 방법 및 장치를 제안한다.

과제 해결 수단

- [0007] 일 양태에 있어서, 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법이 제공된다. 상기 프리코딩 방법은 (a) 복수의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1$ 을 생성하는 단계, (b) (i-1)번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_{i-1}$ ($i=2,3,\dots$)을 기반으로 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 을 생성하는 단계, (c) 상기 $\mathbf{T}_i$ 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하는 단계, 및 (d) 상기 $\mathbf{T}_i$ 및 상기 α_i 를 기반으로 i번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i$ 을 생성하는 단계를 포함하되, 상기 i를 1씩 증가시키면서 $i=N_t-K+1$ 이 될 때까지 상기 단계 (b) 내지 상기 단계 (d)를 반복하는

것을 특징으로 한다. 단, N_t 는 상기 복수의 송신 안테나의 개수, K 는 단일 수신 안테나를 사용하는 총 사용자의 수를 나타낸다.

[0008] 상기 안테나 당 최대 전력은 P/N_t 로 결정될 수 있다. 단, P 는 기지국의 총 전송 전력을 나타낸다.

[0009] 상기 $\mathbf{W}_i = \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의될 수 있다. α_i 는 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하기 위한 상수이며, $\mathbf{T}_i$ 은 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 의사 역행렬(pseudo-inverse matrix)에 대하여 모든 사용자에게 균일하게 전송 전력을 할당한 행렬을 나타낸다.

[0010] 상기 $\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의될 수 있다.

[0011] 상기 $\mathbf{T}_i$ 은 $\mathbf{H}_i$ 의 의사 역행렬에 모든 열을 정규화한 행렬로 정의될 수 있다. 단, $\mathbf{H}_i$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 에서 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스에 해당하는 열의 원소들을 모두 0으로 대체한 행렬이다.

[0012] 최종 프리코딩 행렬 $\mathbf{W} = \mathbf{W}_{N_t-K+1}$ 일 수 있다.

[0013] 다른 양태에 있어서, 무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법이 제공된다. 상기 프리코딩 방법은 (a) 복수의 안테나 그룹 중 하나의 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1$ 을 생성하는 단계, (b) $(i-1)$ 번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_{i-1}$ ($i=2,3,\dots$)을 기반으로 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정된 안테나 그룹에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 을 생성하는 단계, (c) 상기 $\mathbf{T}_i$ 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 안테나 그룹 중 하나의 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하는 단계, 및 (d) 상기 $\mathbf{T}_i$ 및 상기 α_i 를 기반으로 i 번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i$ 을 생성하는 단계를 포함하되, 상기 i 를 1씩 증가시키면서 $i \leq N_G$, $N_t N_G - K - (i-1) N_t \geq N_t$ 이 될 때까지 상기 단계 (b) 내지 상기 단계 (d)를 반복하는 것을 특징으로 한다. 단, N_G 는 상기 복수의 안테나 그룹의 개수, N_t 는 상기 각 안테나 그룹에 포함되는 송신 안테나의 개수, K 는 단일 수신 안테나를 사용하는 총 사용자의 수를 나타낸다.

[0014] 상기 안테나 그룹 당 최대 전력은 수학적식 $\text{tr}(\mathbf{W}_g(\mathbf{W}_g)^H) \leq P$ 을 기반으로 결정될 수 있다. 단, $\mathbf{W}_g$ 는 $\mathbf{W}$ 에서 Gr_g 에 속한 행만으로 형성된 $N_t \times K$ 크기의 부분 행렬(submatrix)이며, Gr_g 는 N_t 개의 송신 안테나를 포함하는 g 번째 안테나 그룹을 나타낸다. P 는 기지국의 총 전송 전력을 나타낸다.

[0015] 상기 $\mathbf{W}_i = \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의될 수 있다. 단, α_i 는 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정하기 위한 상수이며, $\mathbf{T}_i$ 은 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 의사 역행렬(pseudo-inverse matrix)에 대하여 모든 사용자에게 균일하게 전송 전력을 할당한 행렬을 나타낸다.

[0016] 상기 $\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의될 수 있다.

[0017] 상기 $\mathbf{T}_i$ 은 $\mathbf{H}_i$ 의 의사 역행렬에 모든 열을 정규화한 행렬로 정의될 수 있다. 단, $\mathbf{H}_i$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 에서 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정된 안테나 그룹의 인덱스에 해당하는 열의 원소들을 모두 0으로 대체한 행렬이다.

- [0018] 또 다른 양태에 있어서, 무선 통신 시스템에서 장치가 제공된다. 상기 장치는 무선 신호를 송신 또는 수신하는 RF(Radio Frequency)부, 및 상기 RF부와 연결되는 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는 복수의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1$ 을 생성하고, $(i-1)$ 번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_{i-1}(i=2,3,\dots)$ 을 기반으로 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 을 생성하고, 상기 $\mathbf{T}_i$ 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하고, 상기 $\mathbf{T}_i$ 및 상기 α_i 를 기반으로 i 번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i$ 을 생성하도록 구성된다.

발명의 효과

- [0019] MIMO 시스템의 안테나 당 전력 제한 조건에서 연산의 용이하고 실제 구현의 복잡도가 낮은 프리코딩 방법이 제안될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 무선 통신 시스템이다.
 [0021] 도 2는 제안된 프리코딩 방법의 일 실시예를 나타낸다.
 [0022] 도 3은 제안된 프리코딩 방법의 각 알고리즘 단계에 따른 송신 안테나의 전송 전력이 변화하는 일 예를 나타낸다.
 [0023] 도 4는 제안된 프리코딩 방법과 기존의 프리코딩 방법에 의한 프리코딩 행렬 생성의 평균 시간의 차이를 나타내는 그래프이다.
 [0024] 도 5 및 도 6은 제안된 프리코딩 방법과 기존의 프리코딩 방법에 의한 합 전송률을 나타내는 그래프이다.
 [0025] 도 7은 본 발명의 실시예가 구현되는 무선 통신 시스템의 블록도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [0026] 이하의 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 등과 같은 다양한 무선 통신 시스템에 사용될 수 있다. CDMA는 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)나 CDMA2000과 같은 무선 기술(radio technology)로 구현될 수 있다. TDMA는 GSM(Global System for Mobile communications)/GPRS(General Packet Radio Service)/EDGE(Enhanced Data Rates for GSM Evolution)와 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. OFDMA는 IEEE 802.11(Wi-Fi), IEEE 802.16(WiMAX), IEEE 802-20, E-UTRA(Evolved UTRA) 등과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. IEEE 802.16m은 IEEE 802.16e의 진화로, IEEE 802.16e에 기반한 시스템과의 하위 호환성(backward compatibility)를 제공한다. UTRA는 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)의 일부이다. 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(Long Term Evolution)은

E-UTRA(Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access)를 사용하는 E-UMTS(Evolved UMTS)의 일부로써, 하향링크에서 OFDMA를 채용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 채용한다. LTE-A(Advanced)는 3GPP LTE의 진화이다.

[0027] 도 1은 무선 통신 시스템이다.

[0028] 무선 통신 시스템(10)은 적어도 하나의 기지국(11; Base Station, BS)을 포함한다. 각 기지국(11)은 특정한 지리적 영역(일반적으로 셀이라고 함)(15a, 15b, 15c)에 대해 통신 서비스를 제공한다. 셀은 다시 다수의 영역(섹터라고 함)으로 나누어질 수 있다. 단말(12; User Equipment, UE)은 고정되거나 이동성을 가질 수 있으며, MS(Mobile Station), MT(Mobile Terminal), UT(User Terminal), SS(Subscriber Station), 무선기기(wireless device), PDA(Personal Digital Assistant), 무선 모뎀(wireless modem), 휴대기기(handheld device) 등 다른 용어로 불릴 수 있다. 기지국(11)은 일반적으로 단말(12)과 통신하는 고정된 지점(fixed station)을 말하며, eNB(evolved-NodeB), BTS(Base Transceiver System), 액세스 포인트(Access Point) 등 다른 용어로 불릴 수 있다.

[0029] 단말은 통상적으로 하나의 셀에 속하는데, 단말이 속한 셀을 서빙 셀(serving cell)이라 한다. 서빙 셀에 대해 통신 서비스를 제공하는 기지국을 서빙 기지국(serving BS)이라 한다. 무선통신 시스템은 셀룰러 시스템(cellular system)이므로, 서빙 셀에 인접하는 다른 셀이 존재한다. 서빙 셀에 인접하는 다른 셀을 인접 셀(neighbor cell)이라 한다. 인접 셀에 대해 통신 서비스를 제공하는 기지국을 인접 기지국(neighbor BS)이라 한다. 서빙 셀 및 인접 셀은 단말을 기준으로 상대적으로 결정된다.

[0030] 이 기술은 하향링크(downlink) 또는 상향링크(uplink)에 사용될 수 있다. 일반적으로 하향링크는 기지국(11)에서 단말(12)로의 통신을 의미하며, 상향링크는 단말(12)에서 기지국(11)으로의 통신을 의미한다. 하향링크에서 송신기는 기지국(11)의 일부분이고, 수신기는 단말(12)의 일부분일 수 있다. 상향링크에서 송신기는 단말(12)의 일부분이고, 수신기는 기지국(11)의 일부분일 수 있다.

[0031] 무선 통신 시스템은 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 시스템, MISO(Multiple-Input Single-Output) 시스템, SISO(Single-Input Single-Output) 시스템 및 SIMO(Single-Input Multiple-Output) 시스템 중 어느 하나일 수 있다. MIMO 시스템은 다수의 전송 안테나(transmit antenna)와 다수의 수신 안테나(receive antenna)를 사용한다. MISO 시스템은 다수의 전송 안테나와 하나의 수신 안테나를 사용한다. SISO 시스템은 하나의 전송 안테나와 하나의 수신 안테나를 사용한다. SIMO 시스템은 하나의 전송 안테나와 다수의 수신 안테나를 사용한다. 이하에서, 전송 안테나는 하나의 신호 또는 스트림을 전송하는 데 사용되는 물리적 또는 논리적 안테나를 의미하고, 수신 안테나는 하나의 신호 또는 스트림을 수신하는 데 사용되는 물리적 또는 논리적 안테나를 의미한다.

[0032] 먼저 제안된 프리코딩 방법의 기초가 되는 정리를 먼저 설명한다.

[0033] $K \times N_t (K < N_t)$ 의 크기를 가지며 모든 행 벡터(row vector)가 1차 독립(linearly independent)인 전행계수(full row rank) 행렬 $\mathbf{H}$ 를 가정한다. $\mathbf{H}_0$ 는 $\mathbf{H}$ 에서 몇 개의 열의 원소들을 0으로 대체한 행렬일 때, $\mathbf{H}_0$ 가 전행계수 행렬이면 수학식 1의 정리를 만족할 수 있다.

[0034] <수학식 1>

$$[0035] \quad \mathbf{H}\mathbf{H}_0^\dagger = \mathbf{I}_K$$

[0036] 수학식 1에서 $\mathbf{H}_0^\dagger$ 는 $\mathbf{H}_0$ 의 의사 역행렬, $\mathbf{I}_K$ 는 랭크가 K인 단위 행렬을 나타낸다.

[0037] 수학식 1은 다음과 같이 증명될 수 있다. $\mathbf{H}_0$ 가 전행계수 행렬이므로 $\mathbf{H}_0$ 의 의사 역행렬 $\mathbf{H}_0^\dagger = \mathbf{H}_0^H (\mathbf{H}_0 \mathbf{H}_0^H)^{-1}$ 가 존재하며, $\mathbf{H}_0 \mathbf{H}_0^\dagger = \mathbf{I}_K$ 를 만족한다. $\mathbf{H}_0^H$ 는 $\mathbf{H}_0$ 의 허미시안 전치(Hermitian transpose) 행렬 또는 켤레 전치(conjugate transpose) 행렬을 나타낸다. 이때 $\mathbf{H}_0$ 에서 원소들이 0인 여러 개의 열 중 하나를 m번째 열이라 하며, 일반성을 잃지 않으면서 $\mathbf{H}_0^\dagger$ 의 m번째 행도 원소들이 0이 행이 된다. $\mathbf{H}\mathbf{H}_0^\dagger$ 의 연산이 수행될 때 $\mathbf{H}$ 의 m번째 열의 원소들과 $\mathbf{H}_0^\dagger$ 의 m번째 행의 원소들이 서로 곱해지며, $\mathbf{H}_0^\dagger$ 의 m번째 행의 원소들이 모두 0이므로 $\mathbf{H}$ 의 m번째 행은 $\mathbf{H}\mathbf{H}_0^\dagger$ 의 연산에 영향을 주지 않는다. $\mathbf{H}$ 에서 이러한 행의 원소들을 모두 0으로 대체하면 $\mathbf{H}_0$ 이며, 따라서 $\mathbf{H}_0^\dagger$ 가 존재한다면 $\mathbf{H}\mathbf{H}_0^\dagger = \mathbf{H}_0 \mathbf{H}_0^\dagger = \mathbf{I}_K$ 가 성립한다.

[0038] 수학식 2는 수학식 1의 정리의 일 예를 나타낸다.

[0039] <수학식 2>

$$[0040] \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0.5377 & -2.2588 & 0.3188 & -0.4336 \\ 1.8339 & 0.8622 & -1.3077 & 0.3426 \end{bmatrix}, \mathbf{H}_0 = \begin{bmatrix} 0.5377 & 0 & 0.3188 & 0 \\ 1.8339 & 0 & -1.3077 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}\mathbf{H}_0^\dagger = \mathbf{H}\mathbf{H}_0^\dagger = \begin{bmatrix} 0.5377 & -2.2588 & 0.3188 & -0.4336 \\ 1.8339 & 0.8622 & -1.3077 & 0.3426 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.0155 & 0.2476 \\ 0 & 0 \\ 1.4242 & -0.4175 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \mathbf{I}$$

[0041] 이하, 실시예를 통해 제안된 프리코딩 방법을 설명하도록 한다. 이하에서 채널을 나타내는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 는 전행계수 행렬이며, 기지국의 송신 안테나의 개수는 N_t , 단일 수신 안테나를 사용하는 총 사용자의 수는 K , 기지국의 총 송신 전력을 P 라 한다. 따라서 기지국의 각 송신 안테나는 P/N_t 만큼의 전력을 사용할 수 있다. 이하의 설명에서 P/N_t 만큼의 전력을 안테나 당 최대 전력이라 칭한다. 본 발명은 최대 $N_t - K + 1$ 번의 단계를 반복(iteration)하는 알고리즘으로 설명될 수 있다. 각 단계에서 각 송신 안테나가 최대 사용할 수 있는 P/N_t 만큼의 전력을 사용하는 송신 안테나를 하나씩 찾으며, 이러한 송신 안테나를 최대 $N_t - K + 1$ 개를 찾을 수 있다. 최종 프리코딩 행렬은 각 단계에서 생성된 프리코딩 행렬의 합이 된다.

[0042] 도 2는 제안된 프리코딩 방법의 일 실시예를 나타낸다.

[0043] 단계 S100에서 기지국은 복수의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송

전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬을 생성한다. 먼저 채널 행렬의 의사 역행렬에 모든 사용자에게 균등하게 전력을 할당하고 이 행렬을 $\mathbf{T}_1$ 으로 정의한다. 행렬 $\mathbf{T}_1$ 은 ZF 프리코딩 행렬에 해당한다. 이때 생성되는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1 = \alpha_1 \mathbf{T}_1$ 으로 정의될 수 있으며, 상수 α_1 는 $\mathbf{T}_1$ 에서 안테나 당 최대 전력을 사용하는 상기 하나의 송신 안테나가 전력 제한 조건 하에서 모든 전력을 사용할 수 있도록 결정된다. 상수 α_1 는 수학식 3에 의해서 결정될 수 있다.

[0044] <수학식 3>

$$[0045] \quad \alpha_1 = \frac{1}{\max_m \left[(\mathbf{T}_1)(\mathbf{T}_1)^H \right]_{m,m}}$$

[0046] 수학식 3에서, $[\mathbf{A}]_{m,n}$ 은 행렬 $\mathbf{A}$ 의 m번째 행과 n번째 열에 위치한 원소를 나타낸다.

[0047] 단계 S110에서 기지국은 (i-1)번째 프리코딩 행렬을 기반으로 단계 S100에서 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나에 영향을 주지 않는 ZF 프리코딩 행렬을 생성한다. i=2부터 시작할 수 있다. 단계 S120에서 기지국은 상기 ZF 프리코딩 행렬을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정한다. 단계 S130에서 기지국은 상기 ZF 프리코딩 행렬 및 α_i 를 기반으로 i번째 프리코딩 행렬을 생성한다.

[0048] 생성되는 i번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의될 수 있다. 행렬 $\mathbf{H}_i$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 에서 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스에 해당하는 열의 원소들을 모두 0으로 대체한 행렬을 나타낸다. ZF 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 는 $\mathbf{H}_i$ 의 의사 역행렬에 모든 열을 정규화한 행렬을 나타낸다. $\mathbf{H}_i$ 에서 전송 전력이 상기 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스에 해당하는 열의 원소들이 모두 0이므로, $\mathbf{T}_i$ 에서 전송 전력이 상기 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스에 해당하는 행의 원소들을 모두 0이 된다. 따라서 상수 α_i 에 관계 없이 $\mathbf{W}_{i-1}$ 과 $\mathbf{W}_i$ 는 모두 수학식 1의 정리에 따라서 ZF 프리코딩 행렬이 된다. 또한, $\mathbf{T}_i$ 에서 원소들이 모두 0인 행과 $\mathbf{W}_{i-1}$ 에서 상기 안테나 당 최대 전력을 사용하는 송신 안테나의 인덱스에 대응되는 행이 동일한 위치에 존재하므로, $\mathbf{W}_{i-1}$ 에서 상기 안테나 당 최대 전력을 사용하는 송신 안테나의 인덱스에 대응되는 행의 원소들이 $\mathbf{W}_i$ 에서 상기 안테나 당 최대 전력을 사용하는 송신 안테나의 인덱스에 대응되는 행의 원소들과 서로 같다. 또한, 이미 안테나 당 최대 전력으로 전송하도록 결정된 송신 안테나의 전송 전력은 α_i 에 의하여 영향을 받지 않는다.

[0049] 송신 안테나의 전송 전력은 $\mathbf{W}_i$ 의 행 벡터의 2-norm의 제곱으로 표현될 수 있고, 이를 안테나 당 최대 전력인 P/N_i 와 같다고 하면 상수 α_i 를 계산할 수 있다. 수학식 4는 상수 α_i 를 구하는 계산식을 나타낸다.

[0050] <수학식 4>

$$[0051] \quad \|\mathbf{a} + \alpha_i \mathbf{b}\|^2 = \|\mathbf{b}\|^2 \alpha_i^2 + (\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H) \alpha_i + \|\mathbf{a}\|^2 = P / N_t$$

$$\therefore \alpha_i = \left\{ -(\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H) + \sqrt{(\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H)^2 - 4\|\mathbf{b}\|^2(\|\mathbf{a}\|^2 - P / N_t)} \right\} / \{2\|\mathbf{b}\|^2\}$$

[0052] 수학식 4에서 $\mathbf{a}$ 는 $\mathbf{W}_{i-1}$ 의 행 벡터, $\mathbf{b}$ 는 $\mathbf{T}_i$ 의 행 벡터를 나타낸다. 수학식 4에 의해서 상수 α_i 를 계산하여 또 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정할 수 있다.

[0053] 단계 S110 내지 단계 S130을 $i=N_t-K+1$ 을 만족할 때까지 반복한다. 단계 S140에서 $i \leq N_t-K+1$ 인지 여부를 판단하고, i 가 N_t-K+1 보다 작거나 같으면 단계 S150에서 i 를 1만큼 증가시킨다. 수학식 1의 정리에 의하여 의사 역행렬이 존재한다면, $\mathbf{H}$ 는 최대 N_t-K 개의 열의 원소들을 0으로 만든 행렬의 의사 역행렬과 직교성(orthogonality)을 유지할 수 있다. 단, 수학식 4에 의하여 상수 α_i 를 구하여 또 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정한 경우, 아직 전송 전력이 결정되지 않은 송신 안테나의 전송 전력이 안테나 당 전송 전력을 초과할 수 있다. 따라서 각 단계에서 각 송신 안테나의 전송 전력을 크기 순서대로 정렬하고, 모든 송신 안테나가 전력 제한 조건을 만족할 때까지 순차적으로 α_i 를 계산하는 Greedy 방법이 적용될 수 있다.

[0054] 이상에서 설명한 제안된 프리코딩 방법에 의하여 첫 번째 단계에서 얻은 하나의 송신 안테나와 영공간의 차원을 이용한 N_t-K 의 안테나, 총 N_t-K+1 개의 안테나가 전송 전력을 전력 제한 조건 하에서 최대로 사용할 수 있다.

[0055] 표 1은 각 송신 안테나 당 전력이 제한될 때, 제안된 프리코딩 기법을 구현하는 알고리즘 코드의 일 예를 나타낸 것이다.

[0056] <표 1>

[0057]

Line 1	Initialization : $\mathbf{H}$, $S = \{\emptyset\}$, $S_{full} = \{1, \dots, N_t\}$
Line 2	$i = 1$
Line 3	$[\mathbf{G}_1]_{m,n} = \begin{cases} 0 & m \neq n \\ 1/\sqrt{(\mathbf{H}^\dagger)^H \mathbf{H}^\dagger} & m = n \end{cases}$
Line 4	$\alpha_1 = 1 / \max_m [(\mathbf{H}^\dagger \mathbf{G}_1)(\mathbf{H}^\dagger \mathbf{G}_1)^H]_{m,m}$
Line 5	$\mathbf{W}_1 = \alpha_1 \mathbf{T}_1$
Line 6	$S = \left\{ \arg \max_m [\mathbf{T}_1 \mathbf{T}_1^H]_{m,m} \right\}$
Line 7	for $i = 2, \dots, N_t - K + 1$
Line 8	Define $\mathbf{H}_i$: $\text{col}(\mathbf{H}_i, k) = \begin{cases} \text{col}(\mathbf{H}, k) & k \notin S \\ \mathbf{0} & k \in S \end{cases}$
Line 9	Define $\mathbf{G}_i$: $[\mathbf{G}_i]_{m,n} = \begin{cases} 0 & m \neq n \\ 1/\sqrt{(\mathbf{H}_i^\dagger)^H \mathbf{H}_i^\dagger} & m = n \end{cases}$
Line 10	$\mathbf{T}_i = \mathbf{H}_i^\dagger \mathbf{G}_i$
Line 11	Flag = 0
Line 12	while Flag == 0
Line 13	$S_{rem} = S_{full} - S$
Line 14	$l = \arg \max_{m \in S_{rem}} [\mathbf{W}_{i-1} \mathbf{W}_{i-1}^H]_{m,m}$
Line 15	$\mathbf{a} = \text{row}(\mathbf{W}_{i-1}, l), \mathbf{b} = \text{row}(\mathbf{T}_i, l)$
Line 16	$\alpha_i = \frac{-(\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H) + \sqrt{(\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H)^2 - 4\ \mathbf{b}\ ^2(\ \mathbf{a}\ ^2 - P/N_t)}}{2\ \mathbf{b}\ ^2}$
Line 17	$\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$
Line 18	if $\max_m [\mathbf{W}_i \mathbf{W}_i^H]_{m,m} \leq P/N_t$
Line 19	$S \leftarrow S \cup \{l\}$
Line 20	Flag = 1
Line 21	else
Line 22	$S_{rem} \leftarrow S_{rem} - \{l\}$
Line 23	end
Line 24	end
Line 25	end

[0058] 표 1에서 {·}은 집합을 나타낸다. 집합 연산 중 $A \cup B$ 는 A와 B의 합집합을 나타낸다. 집합 연산 중 $A - B$ 는 A에 대한 B의 차집합을 나타낸다. S는 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스를 모은 집합이다. S_{full} 은 모든 송신 안테나의 인덱스를 모은 집합이다. S_{rem} 은 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정되지 못한 송신 안테나의 인덱스로 구성된 집합이다. $\text{col}(\mathbf{H}, m)$ 은 $\mathbf{H}$ 의 m번째 열, $\text{row}(\mathbf{H}, m)$ 은 $\mathbf{H}$ 의 m번째 행을 나타낸다.

[0059] 도 3은 제안된 프리코딩 방법의 각 알고리즘 단계에 따른 송신 안테나의 전송 전력이 변화하는 일 예를 나타낸다.

[0060] 도 3을 참조하면, $N_t=4$, $K=2$, $P=1W$ 일 때 각 알고리즘 단계에 따라 각 송신 안테나의 전송 전력이 결정된다. 제1 단계(1st iter)에서 제1 송신 안테나의 전송 전력이 안테나 당 최대 전력인 $0.25W(P/N_t=1/4)$ 로 결정된다. 제2 단계(2nd

iter)에서 제4 송신 안테나의 전송 전력도 0.25W로 결정되며, 이때 이미 전송 전력이 0.25W로 결정된 제1 송신 안테나의 전송 전력에는 영향이 없다. 제3 단계(3rd iter)에서 제2 송신 안테나의 전송 전력도 0.25W로 결정되며, 이때 이미 전송 전력이 0.25W로 결정된 제1 송신 안테나 및 제4 송신 안테나의 전송 전력에는 영향이 없다.

[0061] 한편, 지금까지 각 송신 안테나 당 전송 전력이 제한되는 경우에 본 발명이 적용되는 경우를 설명하였으나, 본 발명은 송신 안테나 그룹 당 전송 전력이 제한되는 경우에도 유사하게 적용될 수 있다.

[0062] N_G 개의 그룹이 각각 N_t 개의 송신 안테나를 포함한다고 가정하면, 총 송신 안테나의 개수는 $N_t N_G$ 개이다. 편의를 위해 각 그룹은 수학식 5와 같이 구분될 수 있다.

[0063] <수학식 5>

[0064] $G_{t1} = \{1, \dots, N_t\}$

[0065] $G_{t2} = \{N_t + 1, \dots, 2N_t\}$

[0066] ...

[0067] $G_{tNG} = \{N_t(N_G - 1) + 1, \dots, N_t N_G\}$

[0068] 그룹 당 총 전송 전력이 P일 때, $\mathbf{W}$ 를 프리코딩 행렬이라 하면 각 그룹당 전송 전력 제한은 수학식 6과 같이 제한될 수 있다.

[0069] <수학식 6>

[0070] $\text{tr}(\mathbf{W}_g^g (\mathbf{W}_g^g)^H) \leq P$

[0071] 수학식 6에서 $\text{tr}(\mathbf{A})$ 는 행렬 $\mathbf{A}$ 의 대각합(trace)이다. $\mathbf{W}_g^g$ 는 $\mathbf{W}$ 에서 G_{t_g} 에 속한 행만으로 형성된 $N_t \times K$ 크기의 부분 행렬(submatrix)이다. 즉, 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}$ 는 수학식 7로 표현할 수 있다.

[0072] <수학식 7>

[0073]
$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}^1 \\ \mathbf{W}^2 \\ \vdots \\ \mathbf{W}^{N_G} \end{bmatrix}$$

[0074] 생성되는 i 번째 프리코딩 행렬은 각 송신 안테나 당 전력이 제한되는 경우와 마찬가지로 $\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의될 수 있다. 행렬 $\mathbf{H}_i$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 에서 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스에 해당하는 열의 원소들을 모두 0으로 대체한 행렬을 나타낸다. $\mathbf{T}_i$ 는 $\mathbf{H}_i$ 의 의사 역행렬에 모든 열을 정규화한 행렬을 나타낸다.

[0075] 송신 안테나 그룹의 전송 전력은 행렬 $\mathbf{W}_i$ 의 프로베니우스(Frobenius) norm의 제곱으로 표현할 수 있고, 이를 안테나 그룹 당 최대 전력인 P와 같다고 하면 상수 α_i 를 계산할 수 있다. 수학식 8은 안테나 그룹 당 최대 전력 상수 α_i 를 구하는

계산식을 나타낸다.

[0076] <수학식 8>

$$\begin{aligned}
 [0077] \quad & \| \mathbf{A} + \alpha_i \mathbf{B} \|_F^2 = \text{tr} \left((\mathbf{A} + \alpha_i \mathbf{B})(\mathbf{A} + \alpha_i \mathbf{B})^H \right) \\
 & = \text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H) \alpha_i^2 + \text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H) \alpha_i + \text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{A}^H) = P \\
 & \alpha_i = \frac{-\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H) + \sqrt{\left(\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H) \right)^2 - 4\text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H) \left(\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{A}^H) - P \right)}}{2\text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H)}
 \end{aligned}$$

[0078] 수학식 8에서 $\mathbf{A}$ 는 $\mathbf{W}_{i-1}$ 의 부분 행렬, $\mathbf{B}$ 는 $\mathbf{T}_i$ 의 부분 행렬을 나타낸다. $\|\mathbf{A}\|_F$ 는 $\mathbf{A}$ 의 프로베니우스 norm을 나타낸다. 수학식 8에 의해서 상수 α_i 를 계산하여 또 하나의 송신 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정할 수 있다.

[0079] <표 2>

[0080]

Line 1	Initialization : $\mathbf{H}, S = \{\emptyset\}, S_{full} = \{1, \dots, N_G\}$
Line 2	$i = 1$
Line 3	$[\mathbf{G}_1]_{m,n} = \begin{cases} 0 & m \neq n \\ 1/\sqrt{(\mathbf{H}^\dagger)^H \mathbf{H}^\dagger} & m = n \end{cases}$
Line 4	$\mathbf{T}_1 = \mathbf{H}^\dagger \mathbf{G}_1$
Line 5	$\alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{\max_g \text{tr}(\mathbf{T}_1^g (\mathbf{T}_1^g)^H)}}$
Line 6	$\mathbf{W}_1 = \alpha_1 \mathbf{T}_1$
Line 7	$S = \left\{ \arg \max_g \text{tr}(\mathbf{W}_1^g (\mathbf{W}_1^g)^H) \right\}$
Line 8	$i = i + 1$
Line 9	while $i \leq N_G$ and $N_i N_g - K - (i-1)N_i \geq N_i$
Line 10	Define $\mathbf{H}_i : \text{col}(\mathbf{H}_i, k) = \begin{cases} \text{col}(\mathbf{H}, k) & , k \notin \text{Gr}_m \text{ where } m \in S \\ \mathbf{0} & , k \in \text{Gr}_m \text{ where } m \in S \end{cases}$
Line 11	Define $\mathbf{G}_i : [\mathbf{G}_i]_{m,n} = \begin{cases} 0 & m \neq n \\ 1/\sqrt{(\mathbf{H}_i^\dagger)^H \mathbf{H}_i^\dagger} & m = n \end{cases}$
Line 12	$\mathbf{T}_i = \mathbf{H}_i^\dagger \mathbf{G}_i$
Line 13	Flag = 0
Line 14	while Flag == 0
Line 15	$S_{rem} = S_{full} - S$
Line 16	$l = \arg \max_{g \in S_{rem}} \text{tr}(\mathbf{W}_{i-1}^g (\mathbf{W}_{i-1}^g)^H)$
Line 17	$\mathbf{A} = \mathbf{W}_{i-1}^l, \mathbf{B} = \mathbf{T}_i^l$
Line 18	$\alpha_i = \frac{-\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H) + \sqrt{(\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H))^2 - 4\text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H)(\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{A}^H) - P)}}{2\text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H)}$
Line 19	$\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$
Line 20	if $\max_m \text{tr}(\mathbf{W}_i^m (\mathbf{W}_i^m)^H) \leq P$
Line 21	$S \leftarrow S \cup \{l\}$
Line 22	Flag = 1
Line 23	else
Line 24	$S_{rem} \leftarrow S_{rem} - \{l\}$
Line 25	end
Line 26	end
Line 27	end
Line 28	$\mathbf{W} = \mathbf{W}_i$

[0081] 표 2에서 S는 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정된 안테나 그룹의 인덱스를 모은 집합이다. S_{full} 은 모든 안테나 그룹의 인덱스를 모은 집합이다. S_{rem} 은 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정되지 못한 안테나 그룹의 인덱스로 구성된 집합이다. $\mathbf{W}_g$ 는 $\mathbf{W}$ 에서 Gr_g 에 속한 행만으로 형성된 행렬이다. $\text{col}(\mathbf{H}, m)$ 은 $\mathbf{H}$ 의 m번째 열을 나타낸다.

[0082] 도 4는 제안된 프리코딩 방법과 기존의 프리코딩 방법에 의한 프리코딩 행렬 생성의 평균 시간의 차이를 나타내는 그래프이다. 도 4를 참조하면, 제안된

프리코딩 방법에 의하여 프리코딩 행렬이 생성되는 경우, 연산의 복잡도가 큰 Ginv-Opt-PA 기법뿐만 아니라 비교적 쉽게 해를 구할 수 있는 Pinv-Opt-PA 기법보다도 프리코딩 행렬을 빠르게 생성할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0083] 도 5 및 도 6은 제안된 프리코딩 방법과 기존의 프리코딩 방법에 의한 합 전송률을 나타내는 그래프이다. 도 5 및 도 6에서 TPC-Opt-PA는 평균 송신 전력 제한(total power constraint) 조건에서의 프리코딩 방법에 의한 합 전송률을 나타내며, scaledown은 ZF 프리코딩 기법에서 모든 송신 안테나가 안테나 당 전력 제한 조건을 만족하도록 송신 전력 자체를 낮추어 전송하는 방법을 나타낸다. 또한, 도 5에서 $N_t=8$, $K=2$ 이며, 도 6에서 $N_t=8$, $K=4$ 이다. 도 5 및 도 6을 참조하면, 제안된 프리코딩 방법이 안테나 당 전력 제한 조건 하에서 최적의 성능을 가지는 Ginv-Opt-PA 방식에 비해 성능 저하가 거의 없는 것을 알 수 있다. 또한, 사용자의 수가 적을수록 제안된 프리코딩 방법과 Ginv-Opt-PA 방식의 성능의 차이가 작은 것을 알 수 있다.

[0084] 도 4 내지 도 6을 참조하였을 때, Ginv-Opt-PA 방식과 성능의 차이가 거의 없으며 연산량을 크게 줄일 수 있는 제안된 프리코딩 방법의 효율성이 뛰어난 것을 알 수 있다.

[0085] 도 7은 본 발명의 실시예가 구현되는 무선 통신 시스템의 블록도이다.

[0086] 기지국(800)은 프로세서(810; processor), 메모리(820; memory) 및 RF부(830; Radio Frequency unit)을 포함한다. 프로세서(810)는 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선 인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(810)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(820)는 프로세서(810)와 연결되어, 프로세서(810)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다. RF부(830)는 프로세서(810)와 연결되어, 무선 신호를 전송 및/또는 수신한다.

[0087] 단말(900)은 프로세서(910), 메모리(920) 및 RF부(930)를 포함한다. 프로세서(910)는 제안된 기능, 과정 및/또는 방법을 구현한다. 무선 인터페이스 프로토콜의 계층들은 프로세서(910)에 의해 구현될 수 있다. 메모리(920)는 프로세서(910)와 연결되어, 프로세서(910)를 구동하기 위한 다양한 정보를 저장한다. RF부(930)는 프로세서(910)와 연결되어, 무선 신호를 전송 및/또는 수신한다.

[0088] 프로세서(810, 910)은 ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로 및/또는 데이터 처리 장치를 포함할 수 있다. 메모리(820, 920)는 ROM(read-only memory), RAM(random access memory), 플래쉬 메모리, 메모리 카드, 저장 매체 및/또는 다른 저장 장치를 포함할 수 있다. RF부(830, 930)은 무선 신호를 처리하기 위한 베이스밴드 회로를 포함할 수 있다. 실시예가 소프트웨어로 구현될 때, 상술한 기법은 상술한 기능을 수행하는 모듈(과정, 기능 등)로 구현될 수 있다. 모듈은 메모리(820, 920)에 저장되고, 프로세서(810, 910)에 의해 실행될 수 있다. 메모리(820, 920)는 프로세서(810, 910) 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 수단으로 프로세서(810, 910)와 연결될 수

있다.

[0089] 상술한 예시적인 시스템에서, 방법들은 일련의 단계 또는 블록으로써 순서도를 기초로 설명되고 있지만, 본 발명은 단계들의 순서에 한정되는 것은 아니며, 어떤 단계는 상술한 바와 다른 단계와 다른 순서로 또는 동시에 발생할 수 있다. 또한, 당업자라면 순서도에 나타난 단계들이 배타적이지 않고, 다른 단계가 포함되거나 순서도의 하나 또는 그 이상의 단계가 본 발명의 범위에 영향을 미치지 않고 삭제될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0090] 상술한 실시예들은 다양한 양태의 예시들을 포함한다. 다양한 양태들을 나타내기 위한 모든 가능한 조합을 기술할 수는 없지만, 해당 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자는 다른 조합이 가능함을 인식할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 이하의 특허청구범위 내에 속하는 모든 다른 교체, 수정 및 변경을 포함한다고 할 것이다.

청구범위

[청구항 1]

무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법에 있어서,

(a) 복수의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1$ 을 생성하는 단계;

(b) (i-1)번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_{i-1}$ ($i=2,3,\dots$)을 기반으로 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 을 생성하는 단계;

(c) 상기 $\mathbf{T}_i$ 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하는 단계; 및

(d) 상기 $\mathbf{T}_i$ 및 상기 α_i 를 기반으로 i번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i$ 을 생성하는 단계를 포함하되,

상기 i를 1씩 증가시키면서 $i=N_t-K+1$ 이 될 때까지 상기 단계 (b)

내지 상기 단계 (d)를 반복하는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

단, N_t 는 상기 복수의 송신 안테나의 개수, K 는 단일 수신 안테나를 사용하는 총 사용자의 수를 나타낸다.

[청구항 2]

제 1 항에 있어서,

상기 안테나 당 최대 전력은 P/N_t 로 결정되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법. 단, P 는 기지국의 총 전송 전력을 나타낸다.

[청구항 3]

제 1 항에 있어서,

상기 $\mathbf{W}_i=\alpha_i\mathbf{T}_i$ 로 정의되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법. 단,

α_i 는 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로

결정하기 위한 상수이며, $\mathbf{T}_i$ 은 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 의사

역행렬(pseudo-inverse matrix)에 대하여 모든 사용자에게 균일하게 전송 전력을 할당한 행렬을 나타낸다.

[청구항 4]

제 1 항에 있어서,

상기 $\mathbf{W}_i=\mathbf{W}_{i-1}+\alpha_i\mathbf{T}_i$ 로 정의되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

[청구항 5]

제 1 항에 있어서,

상기 $\mathbf{T}_i$ 은 $\mathbf{H}_i$ 의 의사 역행렬에 모든 열을 정규화한 행렬로

정의되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법. 단, $\mathbf{H}_i$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}$

에서 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나의 인덱스에 해당하는 열의 원소들을 모두 0으로 대체한 행렬이다.

[청구항 6]

제 1 항에 있어서,

상기 α_i 는 아래의 수학적식에 의하여 계산되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

$$\alpha_i = \left\{ -(\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H) + \sqrt{(\mathbf{a}\mathbf{b}^H + \mathbf{b}\mathbf{a}^H)^2 - 4\|\mathbf{b}\|^2(\|\mathbf{a}\|^2 - P/N_t)} \right\} / \{2\|\mathbf{b}\|^2\}$$

단, $\mathbf{a}$ 는 상기 $\mathbf{W}_{i-1}$ 의 행 벡터(row vector), $\mathbf{b}$ 는 상기 $\mathbf{T}_i$ 의 행 벡터를 나타낸다. $\mathbf{a}^H$ 는 $\mathbf{a}$ 의 허미시안 전치(Hermitian transpose), $\|\mathbf{a}\|$ 는 $\mathbf{a}$ 의 2-norm을 나타낸다.

[청구항 7]

제 1 항에 있어서,

최종 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}=\mathbf{W}_{N_t-K+1}$ 인 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

[청구항 8]

무선 통신 시스템에서 프리코딩 방법에 있어서,

(a) 복수의 안테나 그룹 중 하나의 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1$ 을 생성하는 단계;

(b) (i-1)번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_{i-1}(i=2,3,\dots)$ 을 기반으로 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정된 안테나 그룹에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 을 생성하는 단계;

(c) 상기 $\mathbf{T}_i$ 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 안테나 그룹 중 하나의 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하는 단계; 및

(d) 상기 $\mathbf{T}_i$ 및 상기 α_i 를 기반으로 i번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i$ 을 생성하는 단계를 포함하되,

상기 i를 1씩 증가시키면서 $i \leq N_G$, $N_t N_G - K - (i-1) N_t \geq N_t$ 이 될 때까지 상기 단계 (b) 내지 상기 단계 (d)를 반복하는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법. 단, N_G 는 상기 복수의 안테나 그룹의 개수, N_t 는 상기 각 안테나 그룹에 포함되는 송신 안테나의 개수, K 는 단일 수신 안테나를 사용하는 총 사용자의 수를 나타낸다.

[청구항 9]

제 8 항에 있어서,

상기 안테나 그룹 당 최대 전력은 아래의 수학적식을 기반으로 결정되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

$$\text{tr}(\mathbf{W}_g(\mathbf{W}_g^H)) \leq P$$

단, $\mathbf{W}_g$ 는 $\mathbf{W}$ 에서 Gr_g 에 속한 행만으로 형성된 $N_t \times K$ 크기의 부분 행렬(submatrix)이며, Gr_g 는 N_t 개의 송신 안테나를 포함하는 g번째 안테나 그룹을 나타낸다. P 는 기지국의 총 전송 전력을 나타낸다.

[청구항 10]

제 8 항에 있어서,

상기 $\mathbf{W}_i = \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법. 단, α_i 는 안테나 그룹의 전송 전력을 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정하기 위한 상수이며, $\mathbf{T}_i$ 은 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 의사 역행렬(pseudo-inverse matrix)에 대하여 모든 사용자에게 균일하게

전송 전력을 할당한 행렬을 나타낸다.

[청구항 11]

제 8 항에 있어서,

상기 $\mathbf{W}_i = \mathbf{W}_{i-1} + \alpha_i \mathbf{T}_i$ 로 정의되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

[청구항 12]

제 8 항에 있어서,

상기 $\mathbf{T}_i$ 은 $\mathbf{H}_i$ 의 의사 역행렬에 모든 열을 정규화한 행렬로 정의되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법. 단, $\mathbf{H}_i$ 는 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 에서 전송 전력이 안테나 그룹 당 최대 전력으로 결정된 안테나 그룹의 인덱스에 해당하는 열의 원소들을 모두 0으로 대체한 행렬이다.

[청구항 13]

제 8 항에 있어서,

상기 α_i 는 아래의 수학적식에 의하여 계산되는 것을 특징으로 하는 프리코딩 방법.

$$\alpha_i = \frac{-\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H) + \sqrt{(\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{B}^H + \mathbf{B}\mathbf{A}^H))^2 - 4\text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H)(\text{tr}(\mathbf{A}\mathbf{A}^H) - P)}}{2\text{tr}(\mathbf{B}\mathbf{B}^H)}$$

단, $\mathbf{A}$ 는 상기 $\mathbf{W}_{i-1}$ 의 부분 행렬, $\mathbf{B}$ 는 상기 $\mathbf{T}_i$ 의 부분 행렬을 나타낸다. $\mathbf{A}^H$ 는 $\mathbf{A}$ 의 허미시안 전치(Hermitian transpose), $\text{tr}(\mathbf{A})$ 는 $\mathbf{A}$ 의 대각 합(trace)을 나타낸다.

[청구항 14]

무선 통신 시스템에서,

무선 신호를 송신 또는 수신하는 RF(Radio Frequency)부; 및

상기 RF부와 연결되는 프로세서를 포함하되,

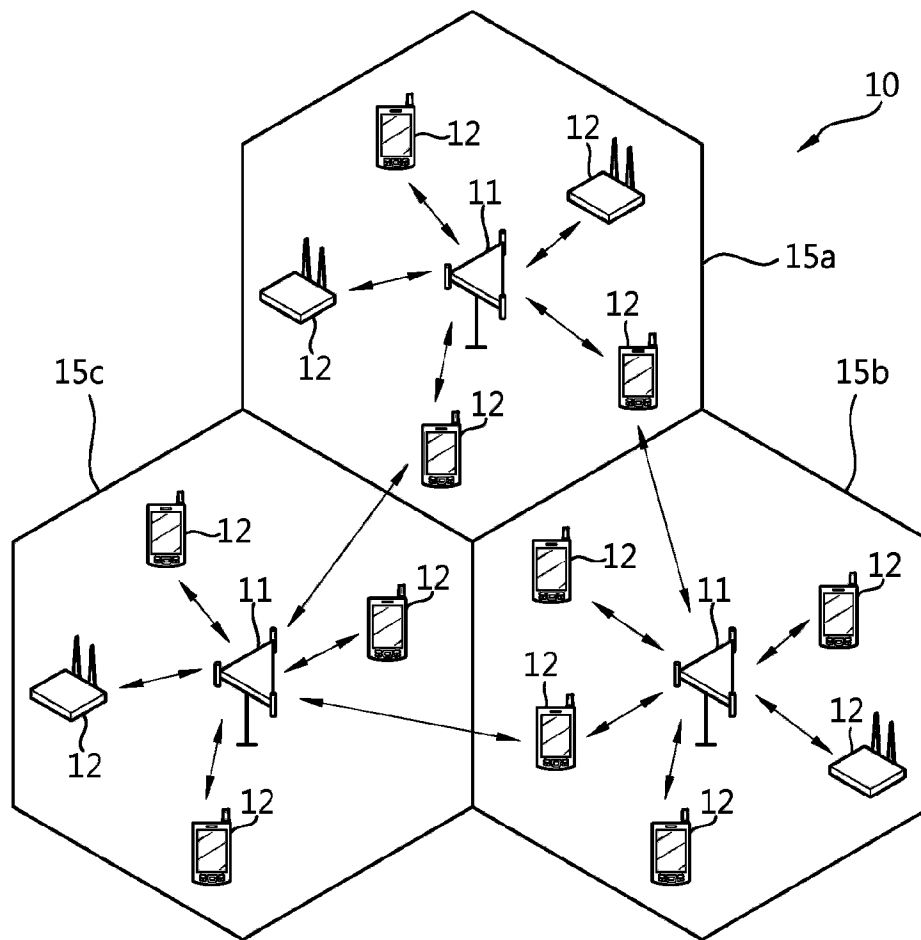
상기 프로세서는,

복수의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 결정하는 1번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_1$ 을 생성하고, (i-1)번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_{i-1}$ (i=2,3,...)을 기반으로 전송 전력이 안테나 당 최대 전력으로 결정된 송신 안테나에 영향을 주지 않는 ZF(Zero Forcing) 프리코딩 행렬 $\mathbf{T}_i$ 을 생성하고,

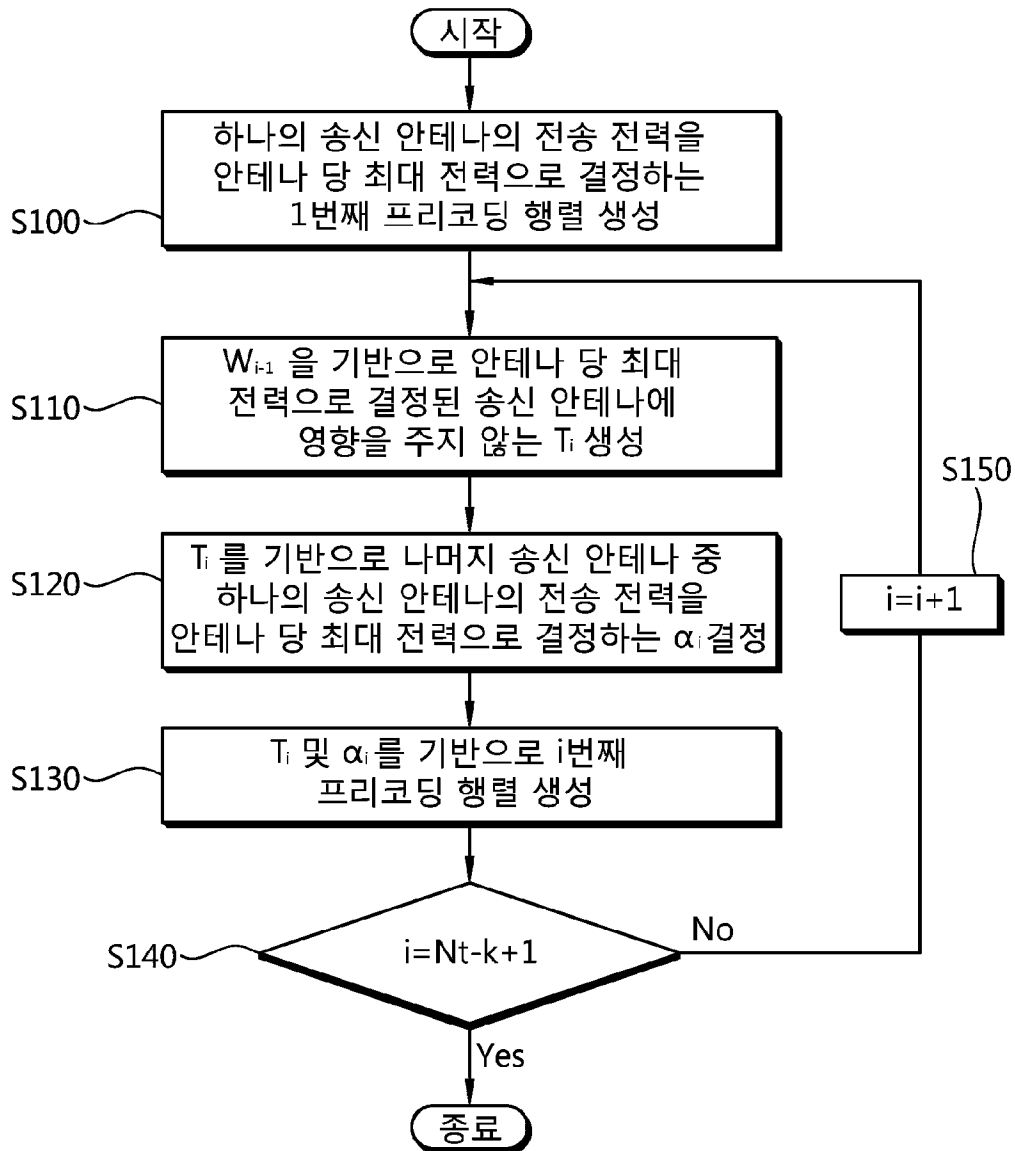
상기 $\mathbf{T}_i$ 을 기반으로 전송 전력이 결정되지 않은 나머지 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나의 전송 전력을 안테나 당 최대 전력으로 하는 상수 α_i 를 결정하고,

상기 $\mathbf{T}_i$ 및 상기 α_i 를 기반으로 i번째 프리코딩 행렬 $\mathbf{W}_i$ 을 생성하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

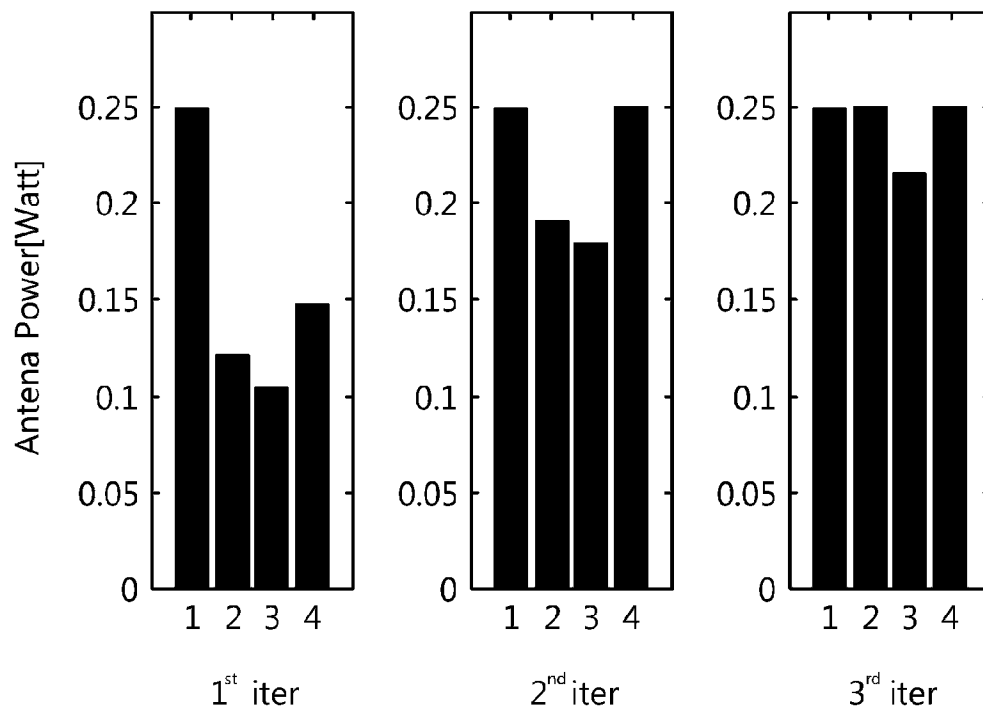
[Fig. 1]



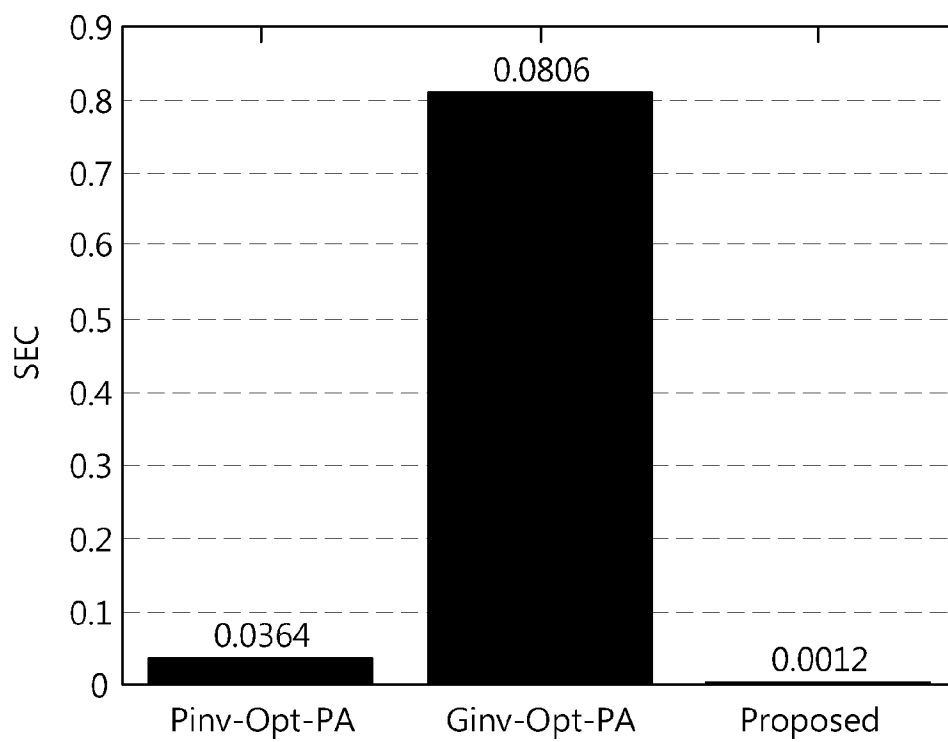
[Fig. 2]



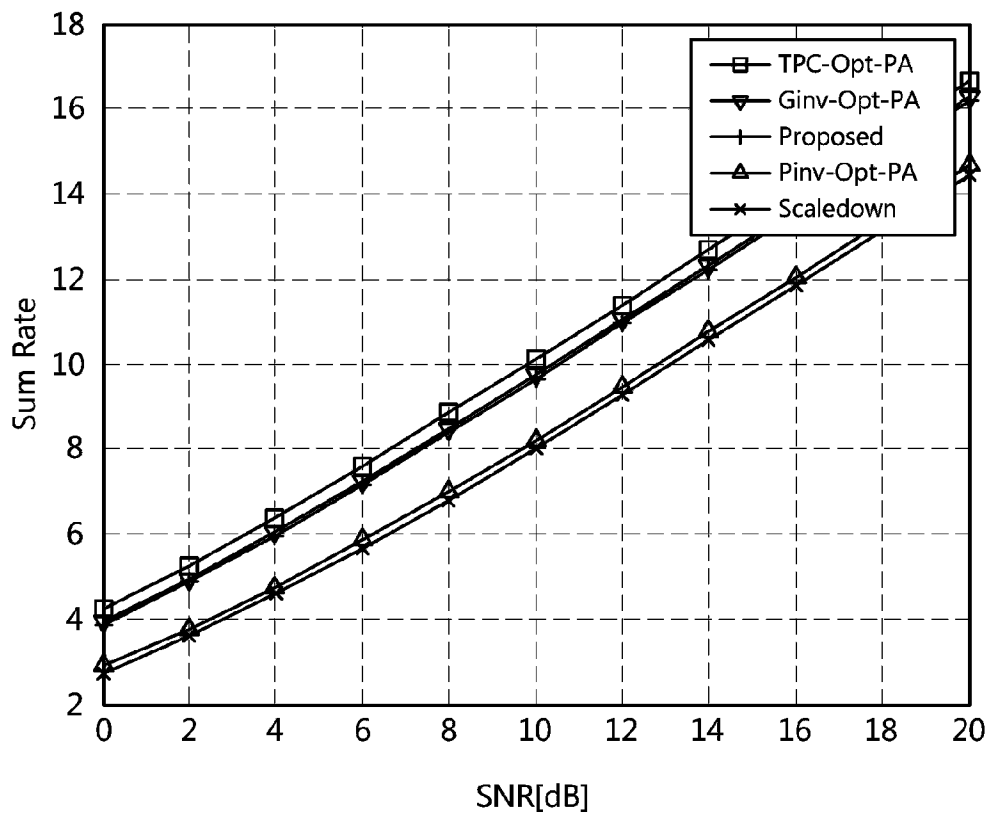
[Fig. 3]



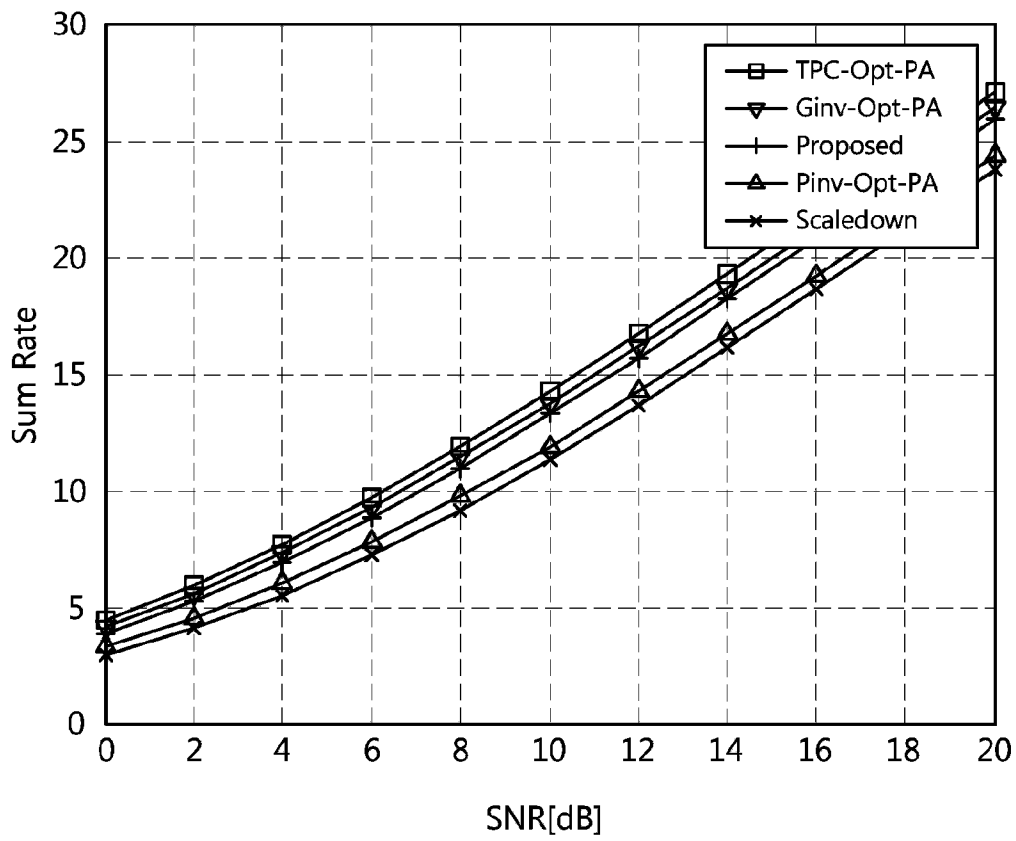
[Fig. 4]



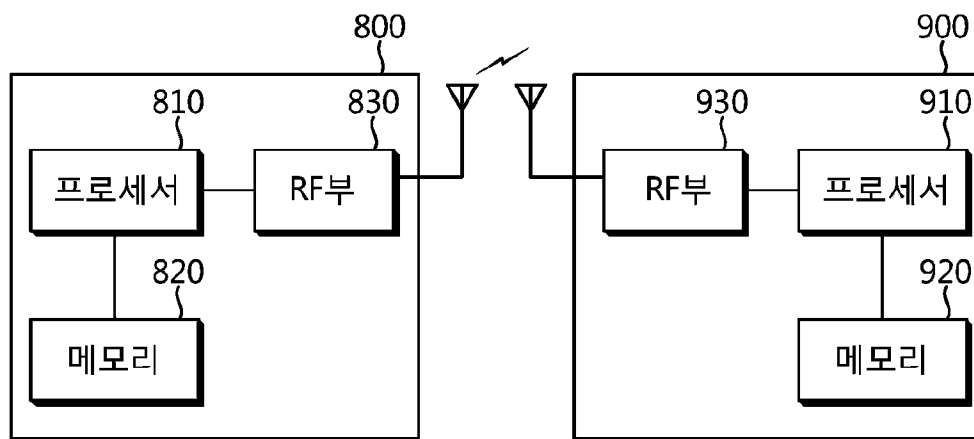
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2011/006613**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/04(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 7/04; H04B 15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: free coding, matrix, antenna, ZF (zero forcing), transmission power

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	O. Somekh, et al., "Cooperative multicell zero-forcing beamforming in cellular downlink channels," IEEE transactions on information theory, vol.55, no.7, pp.3206 - 3219, July 2009 See section II.	1-14
A	L.-N. Tran, et al., "Multiuser diversity for successive zero-forcing dirty paper doing: Greedy scheduling algorithms and asymptotic performance analysis," IEEE transactions on signal processing, vol.58, no.6, pp.3411 - 3416, June 2010 See section II.	1-14
A	N. schrammar, et al., "Fair user selection for zero-forcing precoding in multi-user MISO systems," 2009 43rd Asilomar Conference on signals, Systems and computers, pp.1412 - 1415, 04 November 2009 See section II and figure 1.	1-14
A	US 2010-0227562 A1 (SHIM SEI-JOON et al.) 09 September 2010 See abstract, paragraph [65] - paragraph [67] and figure 6.	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 FEBRUARY 2012 (24.02.2012)

Date of mailing of the international search report

24 FEBRUARY 2012 (24.02.2012)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2011/006613

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2010-0227562 A1	09.09.2010	KR 10-2010-0099800 A WO 2010-101425 A2 WO 2010-101425 A3	15.09.2010 10.09.2010 09.12.2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04B 7/04(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04B 7/04; H04B 15/00 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 프리코딩, 행렬, 안테나, ZF(zero forcing), 송신전력		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	O. Somekh, et al., "Cooperative multicell zero-forcing beamforming in cellular downlink channels," IEEE transactions on information theory, vol. 55, no. 7, pp. 3206 - 3219, 2009.07 섹션 II 참조.	1-14
A	L.-N. Tran, et al., "Multiuser diversity for successive zero-forcing dirty paper coding: Greedy scheduling algorithms and asymptotic performance analysis," IEEE transactions on signal processing, vol. 58, no. 6, pp. 3411 - 3416, 2010.06 섹션 II 참조.	1-14
A	N. Schrammar, et al., "Fair user selection for zero-forcing precoding in multi-user MISO systems," 2009 43rd Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pp. 1412 - 1415, 2009.11.04 섹션 II 및 도 1 참조.	1-14
A	US 2010-0227562 A1 (SHIM SEI-JOON 외 3명) 2010.09.09 요약, 문단 [65] - 문단 [67] 및 도 6 참조.	1-14
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2012년 02월 24일 (24.02.2012)		국제조사보고서 발송일 2012년 02월 24일 (24.02.2012)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 정부대전청사 팩스 번호 82-42-472-7140		심사관 김병성 전화번호 82-42-481-5652 

국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

US 2010-0227562 A1

2010.09.09

KR 10-2010-0099800 A

2010.09.15

WO 2010-101425 A2

2010.09.10

WO 2010-101425 A3

2010.12.09