



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0098164
(43) 공개일자 2015년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0019353
(22) 출원일자 2014년02월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

유형열
서울특별시 종로구 율곡로30길 12-16
채찬병
경기도 과천시 별양로 12 래미안슈르아파트 315동 903호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이건주, 김정훈

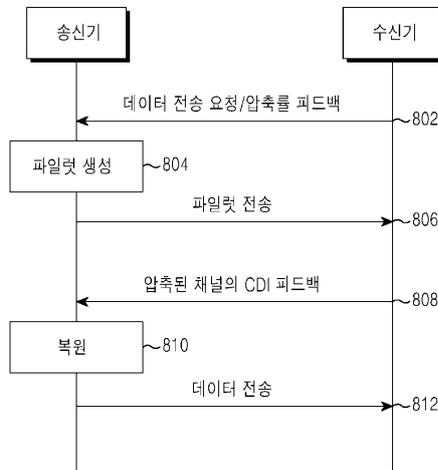
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 **다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법**

(57) 요약

본 발명은 MIMO 시스템에서는 증가한 안테나 수만큼 파일럿의 양 또한 증가하고, 시간 및 공간자원은 한정되어 있기 때문에 파일럿의 양이 증가하면, 데이터를 보낼 수 있는 자원이 부족하게 된다는 문제점을 해결하기 위한 것이다. 본 발명은 공간 상관도가 상대적으로 높은 다중 안테나 시스템에서 채널 피드백의 오버헤드와 파일럿의 양을 줄이고 피드백 인덱스를 찾기 위한 계산량을 줄일 수 있다.

대표도 - 도8



(72) 발명자

임연근

경상북도 포항시 북구 중흥로213번길 9 대명그랜드
3차 맨션 가동 503호

곽영우

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 34 광고센트럴
타운 62단지아파트 6209동 1402호

이효진

경기도 수원시 영통구 영통로331번길 58-7 레미안
302호

지형주

서울특별시 송파구 올림픽로 99 잠실엘스아파트
107동 702호

김윤선

경기도 성남시 분당구 내정로 186 파크타운대림아
파트 103동 803호

특허청구의 범위

청구항 1

다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 송신 장치가 채널 피드백하는 방법에 있어서,

압축률이 반영된 파일럿을 신호 수신 장치로 전송하는 과정;

상기 신호 수신 장치로부터 압축된 채널의 채널 관련 정보를 수신하는 과정; 및

상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

채널 압축률을 신호 수신 장치로 전송하는 과정; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 피드백을 수신하는 과정을 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 미리 압축된 코드북 중에서 하나를 선택한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

채널 압축률을 신호 수신 장치로 전송하는 과정; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 피드백을 수신하는 과정을 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 생성한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 7

다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 송신 장치가 채널 피드백하는 장치에 있어서,

압축률이 반영된 파일럿을 신호 수신 장치로 전송하는 전송부;

상기 신호 수신 장치로부터 압축된 채널의 채널 관련 정보를 수신하는 수신부; 및

상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩하는 프리코딩부를 포함함을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

채널 압축률을 신호 수신 장치로 전송하는 상기 전송부; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 피드백을 수신하는 상기 수신부를 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 미리 압축된 코드북 중에서 하나를 선택한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 11

제7항에 있어서,

채널 압축률을 신호 수신 장치로 전송하는 상기 전송부; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 피드백을 수신하는 상기 수신부를 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 생성한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 13

다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 수신 장치가 채널 피드백하는 방법에 있어서,

압축률이 반영된 파일럿을 신호 송신 장치로부터 수신하는 과정;

상기 신호 송신 장치로 압축된 채널의 채널 관련 정보를 전송하는 과정; 및

상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩된 데이터를 수신하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

채널 압축률을 신호 송신 장치로부터 수신하는 과정; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 상기 신호 송신 장치로 전송하는 과정을 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 미리 압축된 코드북 중에서 하나를 선택한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 17

제13항에 있어서,

채널 압축물을 신호 송신 장치로부터 수신하는 과정; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 상기 신호 송신 장치로 전송하는 과정을 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 생성한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 방법.

청구항 19

다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 수신 장치가 채널 피드백하는 장치에 있어서,

압축물이 반영된 파일럿을 신호 송신 장치로부터 수신하는 수신부; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 상기 신호 송신 장치로 전송하는 전송부를 포함하고,

상기 수신부는, 상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩된 데이터를 수신함을 포함함을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 21

제19항에 있어서,

채널 압축물을 신호 송신 장치로부터 수신하는 상기 수신부; 및

압축된 채널의 채널 관련 정보를 상기 신호 송신 장치로 전송하는 상기 전송부를 포함하고,

상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 미리 압축된 코드북 중에서 하나를 선택한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 23

제19항에 있어서,

채널 압축률을 상기 신호 송신 장치로부터 수신하는 상기 수신부; 및
 압축된 채널의 채널 관련 정보를 상기 신호 송신 장치로 전송하는 상기 전송부를 포함하고,
 상기 압축된 채널의 채널 관련 정보는, 상기 신호 수신 장치에 의해 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 생성한 것임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

청구항 24

제23항에 있어서,
 상기 채널 관련 정보는 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)임을 특징으로 하는 채널 피드백 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO, 이하 "MIMO"이라 칭하기로 한다) 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 무선 통신 환경에서 고품질의 데이터를 고속으로 전송하기 위해 공간 영역의 자원을 활용하는 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output, MIMO) 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 기지국에서 수십~수백개의 안테나를 사용하는 매시브(Massive) MIMO 기술에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003] Massive MIMO 시스템은 신호 송신 장치, 일 예로 기지국(Base Station: BS)에 다수의 안테나들을 설치하여 고속 페이딩(fast fading)과, 사용자간 간섭(inter-user interference) 등과 같은 다양한 문제들을 간단한 선형 프리코더(linear pre-coder)만을 사용하여 비교적 쉽게 해결하면서, 비교적 높은 데이터 레이트(data rate)를 획득할 수 있다. 상기 Massive MIMO 시스템의 장점은 기지국이 그 지원하는 안테나들의 개수에 제한이 없고, 기지국은 상기 기지국 자신이 지원하는 안테나들 각각에 대한 채널 정보를 모두 알고 있다는 가정을 기반으로 한다.

[0004] MIMO 시스템은 동일한 시간 및 주파수 자원을 한 사용자가 모두 사용하는 SU-MIMO(Single-User MIMO) 방식과 공간 다중화를 통해 여러 사용자가 동일한 시간 및 주파수 자원을 공유하는 MU-MIMO(Multi-User MIMO) 방식으로 구분할 수 있다.

[0005] SU-MIMO 방식은 채널 피드백을 위하여 Grassmanian 코드북 등 채널의 principal singular vector를 양자화하여 전송하는 방식이 개발되어 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16 등 여러 표준에서 논의되었다.

[0006] MU-MIMO 방식은 사용자간 협력이 거의 불가능하기 때문에 기지국에서 사용하는 프리코더(precoder)만으로 수신기(유저(user))간 간섭을 제거 또는 완화해야 한다. 기지국에서 다중 사용자를 지원하는 프리코더를 생성하기 위해 각각의 수신기들은 채널정보를 기지국으로 피드백 해주어야 한다.

[0007] MU-MIMO 시스템에서 피드백 방법에는 직교 빔포밍(orthogonal beamforming) 방법과 벡터 양자화(vector quantization) 방법이 있다.

[0008] 상기 직교 빔포밍 방법은 수신기가 프리코딩 매트릭스 인덱스(Precoding Matrix Index, PMI)를 선택하여 기지국으로 피드백하는 방식이다.

[0009] 상기 벡터 양자화 방법은 수신기가 채널 방향 인덱스(Channel Direction Index, CDI)를 선택하여 기지국으로 피드백하는 방식이다.

[0010] 직교 빔포밍을 동시에 지원 가능한 수신기의 수가 적을 때 더 유리하므로, PMI를 기지국으로 피드백하는 방식이 주로 논의되어 왔다.

[0011]

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 공간 상관도가 상대적으로 높은 다중 안테나 시스템에서 채널 피드백의 오버헤드와 파일럿의 양을 줄이는 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법을 제공한다.
- [0013] 본 발명은 피드백 인덱스를 찾기 위한 계산량을 줄이는 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법을 제공한다.
- [0014] 본 발명은 무수히 많은 안테나로 인한 고차원 채널 매트릭스를 효율적으로 압축하여 해당 압축된 채널 코드북을 송신기로 피드백하고, 파일럿의 양을 줄이는 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법을 제공한다.
- [0015] 본 발명은 단일/다중 사용자 Massive MIMO 시스템의 성능을 극대화하는 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 실시 예에 따른 채널 피드백 방법은, 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 송신 장치가 채널 피드백하는 방법에 있어서, 압축률이 반영된 파일럿을 신호 수신 장치로 전송하는 과정; 상기 신호 수신 장치로부터 압축된 채널의 채널 관련 정보를 수신하는 과정; 및 상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩하는 과정을 포함한다.
- [0017] 본 발명의 실시 예에 따른 채널 피드백 장치는, 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 송신 장치가 채널 피드백하는 장치에 있어서, 압축률이 반영된 파일럿을 신호 수신 장치로 전송하는 전송부; 상기 신호 수신 장치로부터 압축된 채널의 채널 관련 정보를 수신하는 수신부; 및 상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩하는 프리코딩부를 포함한다.
- [0018] 본 발명의 실시 예에 따른 채널 피드백 방법은, 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 수신 장치가 채널 피드백하는 방법에 있어서, 압축률이 반영된 파일럿을 신호 송신 장치로부터 수신하는 과정; 상기 신호 송신 장치로 압축된 채널의 채널 관련 정보를 전송하는 과정; 및 상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩된 데이터를 수신하는 과정을 포함한다.
- [0019] 본 발명의 실시 예에 따른 채널 피드백 장치는, 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO) 시스템에서 신호 수신 장치가 채널 피드백하는 장치에 있어서, 압축률이 반영된 파일럿을 신호 송신 장치로부터 수신하는 수신부; 및 압축된 채널의 채널 관련 정보를 상기 신호 송신 장치로 전송하는 전송부를 포함하고, 상기 수신부는, 상기 채널 관련 정보를 기반으로 하여 프리코딩된 데이터를 수신함을 포함한다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 공간 상관도가 상대적으로 높은 다중 안테나 시스템에서 채널 피드백의 오버헤드와 파일럿의 양을 줄일 수 있다.
- [0021] 본 발명은 피드백 인덱스를 찾기 위한 계산량을 줄일 수 있다.
- [0022] 본 발명은 무수히 많은 안테나로 인한 고차원 채널 매트릭스를 효율적으로 압축하여 해당 압축된 채널 코드북을 송신기로 피드백하고, 파일럿의 양을 줄일 수 있다.
- [0023] 본 발명은 단일/다중 사용자 Massive MIMO 시스템의 성능을 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일반적인 MIMO 시스템에서 피드백 방법을 도시한 도면;
- 도 2는 본 발명의 제 1 실시 예와 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 송신기를 개략적으로 도시한 도면;

- 도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 수신기를 개략적으로 도시한 도면;
- 도 4는 본 발명의 제1 실시 예와 제 2실시 예에 따른 송신기와 수신기의 동작 흐름도;
- 도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 수신부를 개략적으로 도시한 도면;
- 도 6은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 송신기를 개략적으로 도시한 도면;
- 도 7은 본 발명의 제 3실시 예에 따른 수신기를 개략적으로 도시한 도면;
- 도 8은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 송신기와 수신기의 동작 흐름도;
- 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 측정 매트릭스의 일 예를 개략적으로 도시한 도면; 및
- 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 모의 실험 결과를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 상세히 설명한다. 이때 첨부된 도면에서 동일한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의하여야 한다. 또한 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0026] 또한 이하에서 설명되는 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념으로 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0027] 채널 피드백 기술은 주로 많지 않은 유한 개의 안테나 시스템 환경에서 개발되었다. Massive MIMO 시스템에서는 동시에 지원 가능한 수신기가 많아지면서 PMI를 피드백하는 직교 빔포밍 방식 보다 CDI를 피드백하는 벡터 양자화 방식이 더욱 유리하다. 채널 피드백 기술에서 피드백 되는 정보는, 예컨대, PMI, CDI 뿐만 아니라, 단말이 측정된 무선 채널의 특징에 기반하여, CQI(Channel Quality Indicator), 프리코더 인덱스(Precoder Index), 랭크(rank) 수 등을 포함할 수 있다. 상기 프리코더(precoder)란 복수 개의 안테나에 곱해지는 가중치(weight)를 포함하는 정보이며, rank 수란 주어진 복수 개의 안테나를 통해 전송 되는 데이터 스트림(stream)의 수를 가리킨다.
- [0028] 또한, 직교 빔포밍 및 벡터 양자화 방식 모두 인덱스를 찾기 위한 연산량이 Massive MIMO 시스템에서 더욱 증가하게 되었다. 그리고 종래의 기술들은 채널의 공간 상관도가 상대적으로 낮은 환경에서 설계되었으나, Massive MIMO 시스템의 경우 수십~수백 개의 안테나를 제한된 공간에 설치하여야 하므로 공간 상관도가 기존 시스템보다 높아지게 된다. 따라서, 기존의 채널 피드백 방식은 공간 상관도가 높은 Massive MIMO 시스템에 적합하지 않다.
- [0029] Massive MIMO 시스템에서는 증가한 안테나 수만큼 파일럿의 양 또한 증가한다. Massive MIMO 시스템에서 시간 및 공간자원은 한정되어 있기 때문에 파일럿의 양이 증가하면 데이터를 보낼 수 있는 자원이 부족하게 되어 데이터를 고속으로 보내기 위한 MIMO의 본래의 취지와 멀어지는 문제점이 발생하게 된다.
- [0030] 하기의 본 발명의 실시 예들을 통하여 본 발명에서 제안하는 채널의 공간 상관도가 있는 Massive MIMO 시스템의 피드백 기법 및 장치를 자세히 설명한다.
- [0031] 본 발명의 제 1 실시 예는 M개의 안테나를 가지는 송신기(즉, 신호 송신 장치, 예컨대, 기지국 등)에서 수신기(즉, 신호 수신 장치, 예컨대, 이동 단말, 유저 등)에게 채널 압축률($0 < \eta < 1$)을 피드포워드(feed forward)하면, 수신기가 미리 압축된 코드북 중에서 선택하는 방법이다.
- [0032] 미리 정의된 측정 매트릭스(measurement matrix)에서 전체 M개의 열벡터에서 압축률 만큼 $N(=\eta M)$ 개의 열벡터를 사용하는 차원이 감소된 측정 매트릭스를 코드북에 곱하여 압축률에 따른 코드북을 미리 생성해 놓는다. 수신기가 압축률을 피드포워드 받게 되면, 압축률에 해당하는 코드북을 선택하고, 차원이 감소된 측정 매트릭스를 채널 벡터에 곱하여 채널 벡터를 압축한다. 수신기가 압축된 채널의 CDI를 송신기로 피드백하면, 측정 매트릭스의 역행렬은 존재하지 않기 때문에 송신기에서는 compressive sensing 기법으로 압축된 채널에서 기존 채널을 복원한다.
- [0033] 본 발명의 제 2 실시 예는 제 1 실시 예와 같은 방식으로 동작함에 있어서 코드북 생성 방법을 다르게 하는 일

예이다. 본 발명의 제 1 실시 예는 압축률에 따라 해당하는 코드북 매트릭스를 선택하지만, 본 발명의 제 2 실시 예는 M개의 열벡터로 이루어진 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 M개의 열벡터로 이루어진 1개의 코드북을 미리 만들어 놓는다. 수신기가 압축률을 피드포워드 받으면, M개의 열벡터 중에서 M-N개의 열벡터를 제외한 N개의 열벡터로 이루어진 차원이 감소된 코드북을 사용한다. 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 압축된 코드북과 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 차원이 감소된 코드북은 동일한 코드북이므로 이후의 과정은 같다.

[0034] 본 발명의 제 3 실시 예는 수신기가 송신기로 압축률을 피드백하여 송신기의 파일럿 양을 M개에서 N개로 줄이는 방법이다. 송신기가 압축률을 피드백 받으면, 측정 매트릭스의 N개의 열벡터들을 파일럿으로 사용한다. 그러면 수신기는 N개의 유효(effective) 채널을 가지게 되고, 본 발명의 제 1 실시 예 또는 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 압축 또는 차원이 감소된 코드북을 사용하여 CDI를 피드백한다. 그리고 수신기가 추정하는 유효 채널은 이미 압축된 채널이기 때문에 수신기에서 채널을 압축할 필요가 없다. 이후의 과정은 본 발명의 제 1 실시 예와 동일하다.

[0035] 도 1은 일반적인 MIMO 시스템에서 피드백 방법을 도시한 도면이다.

[0036] MIMO 시스템은 송신기(100)와 수신기(120)를 포함한다.

[0037] 송신기(100)는 프리코딩부(102)를 포함하고, 프리코딩부(102)는 다중 안테나를 이용하여 MIMO를 구현할 때, 채널 상태에 따라 적응적으로 송신 빔을 형성하기 위해 프리코딩(precoding)한다. 프리코딩 코드북(codebook)은 송신기와 수신기 간에 미리 설정한다.

[0038] 수신기(120)의 수신부(120-1, 120-2, ..., 122-K)가 미리 설정된 코드북의 PMI 또는 CDI만을 피드백하게 되어, Massive MIMO 시스템의 코드북 연산량 증가와 공간 상관도에 따른 성능향상과 파일럿 감소효과를 기대할 수 없다. 이를 개선한 방법이 본 발명의 제 1 실시 예 내지 제3 실시 예이다.

[0039] 도 2는 본 발명의 제 1 실시 예와 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 송신기를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0040] 송신기의 압축률 연산기(210)는 압축률을 결정하고, 결정된 압축률의 인덱스를 수신기로 피드포워드한다. 상기 압축률은 예컨대, 채널 환경에 따라 결정될 수 있다. 이후에, 송신기는 수신기로부터 코드북 피드백을 받으면 코드북 채널 복원기(220)에서 CS(Compressive Sensing) 복원 기술을 통해 양자화된 채널을 복원한다. 코드북 채널 복원기(220)가 빔생성기(230)로 채널정보를 넘겨주게 되면, 빔생성기(230)는 프리코더를 생성하여 데이터를 수신기로 전송한다.

[0041] 도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 수신기를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0042] 수신기의 후처리 제어기(310)는 송신기로부터 압축률을 수신하면, 압축률에 대한 정보를 채널 압축기(320)와 코드북 선택기(330)로 전달한다. 채널 압축기(320)에서는 차원이 감소된 측정 매트릭스를 채널(h)에 곱하여 채널을 압축한다. 상기 압축된 채널은 하기 <수학식 1>과 같이 결정될 수 있다.

수학식 1

$$s = \Phi^{\eta} h.$$

[0043]

[0044] 상기 <수학식 1>에서 Φ^{η} 는 차원이 감소된 측정 매트릭스를 나타내고, h는 원래의 채널을 나타내고, s는 압축된 채널을 나타낸다.

[0045] 상기 차원이 감소된 측정 매트릭스(Φ^{η})는 측정 매트릭스(Φ)의 서브 셋(sub-set)이며 하기 <수학식 2>와 같다.

수학식 2

$$\Phi = \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \vdots \\ \phi_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \widehat{\Phi}^\eta \\ \phi_{N+1} \\ \vdots \\ \phi_M \end{bmatrix}$$

[0046]

ϕ_m 은 측정 매트릭스의 m번째 열벡터를 나타낸다. 기존의 코드북(W)에서 압축률에 따른 코드북

$F^{(\eta)} = \widehat{\Phi}^\eta W$ 을 미리 생성하면, 코드북 선택기(330)에서는 코드북 $[F^{(\eta=0.1)} F^{(\eta=0.2)} \dots]$ 중에서 압축률과 일치하는 코드북을 선택한다. 즉, 압축률에 따라 송신기로 피드백하고자 하는 코드북을 선택한다.

[0047]

CDI 연산기(340)는 채널 압축기(320)와 코드북 선택기(330)에서 계산된 채널과 코드북을 기반으로 인덱스를 찾아 코드북을 수신기로 피드백하게 된다.

[0048]

도 4는 본 발명의 제1 실시 예와 제 2실시 예에 따른 송신기와 수신기의 동작 흐름도이다.

[0049]

402 단계에서 수신기는 송신기로 데이터 전송을 요청한다. 그러면, 송신기는 404 단계에서 상기 요청에 따라서

[0050]

압축률($0 < \eta < 1$)을 결정하고, 406 단계에서 상기 압축률을 수신기로 피드포워드한다. 수신기는 408 단계에서 상기 압축률에 따라 채널 압축한다. 채널 압축 과정은 압축률을 근거로 코드북을 생성하는 것이다.

본 발명의 제1 실시 예에서 코드북을 생성 과정은, N개의 열벡터로 이루어진 차원이 감소된 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 압축된 코드북을 생성함을 포함한다. 본 발명의 제2 실시 예에서 코드북을 생성 과정은, M개의 열벡터로 이루어진 측정 매트릭스에 코드북을 곱하여 코드북을 미리 만들어 놓는 것을 포함한다.

[0051]

수신기는 410 단계에서 압축된 채널의 CDI 정보(코드북)를 송신기로 피드백하면, 송신기는 412 단계에서 CDI 정보를 기반으로 하여 채널을 복원한다.

[0052]

그리고, 송신기는 414 단계에서 CDI 정보를 기반으로 하여 프리코더를 생성하여 데이터를 수신기로 전송한다.

[0053]

도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 수신부를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0054]

후처리 제어기(510), 채널 압축기(520), CDI 연산기(540)의 역할은 도 3의 후처리 제어기(310), 채널 압축기(320), CDI 연산기(340)과 동일하다.

[0055]

도 5의 코드북 차원 감소기(530)는 본 발명의 제2 실시 예에 따라 미리 만들어 둔 코드북 $F = \Phi W$ 의 sub-set인 \widehat{F}^η 를 생성하며, F는 하기 <수학식 3>과 같이 생성한다. 이후의 동작 원리는 본 발명의 제 1 실시 예와 동일하다.

[0056]

수학식 3

$$F = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \widehat{F}^\eta \\ f_{N+1} \\ \vdots \\ f_M \end{bmatrix}$$

[0057]

도 6은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 송신기를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0058]

본 발명의 제3 실시 예에 따라 파일럿 생성기(610)는 수신기로부터 압축률을 피드백 받으면, N개의 ϕ_m 를 파일럿

[0059]

으로 선택한다. 따라서 수신기는 M개의 채널이 아닌 N개의 채널을 알게 된다. 도 6의 나머지 구성 요소는 도 2와 동일하다. 즉, 송신기는 수신기로부터 코드북 피드백을 받으면 코드북 채널 복원기(620)에서 CS 복원 기술을 통해 양자화된 채널을 복원한다. 코드북 채널 복원기(620)가 빔생성기(630)로 채널정보를 넘겨주게 되면, 빔생성기(630)는 프리코더를 생성하여 데이터를 수신기로 전송한다.

[0060] 도 7은 본 발명의 제 3 실시 예에 따른 수신기를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0061] 수신기는 파일럿을 수신하기 전에 송신기로 압축률을 먼저 피드백한다. 이때, 본 발명의 제3 실시 예에서 수신기가 송신기로 압축률을 피드백하는 것은, 선택 사항이다. 수신 받은 유효채널은 본 발명의 제1 실시 예와 제 2 실시 예에 따른 압축된 채널과 같기 때문에, 수신기의 채널 추정기(760)에서 채널 추정 후에 바로 CDI 연산기(740)에서 CDI를 피드백하면 된다.

[0062] 도 8은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 송신기와 수신기의 동작 흐름도이다.

[0063] 802 단계에서 수신기는 송신기로 데이터 전송을 요청/압축률을 피드백한다. 이때, 압축률을 피드백하는 것은 생략될 수 있다. 그러면, 송신기는 804 단계에서 압축률을 반영한 파일럿을 생성하고, 806 단계에서 상기 생성된 파일럿을 수신기로 전송한다. 수신기는 808 단계에서 압축된 채널의 CDI 정보를 송신기로 피드백하면, 송신기는 810 단계에서 CDI 정보를 기반으로 하여 채널을 복원한다.

[0064] 그리고, 송신기는 812 단계에서 CDI 정보를 기반으로 하여 프리코더를 생성하여 데이터를 수신기로 전송한다.

[0065] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 측정 매트릭스의 일 예를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0066] 도 9는 평균이 0, 분산이 1인 정규분포를 가지는 M=10일 때의 행렬의 일 예를 나타낸다. 같은 방법으로 다양한 분포와 다양한 M에 대한 측정 매트릭스를 정의할 수 있다.

[0067] 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 모의 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

[0068] 송신기 안테나는 36개, 수신기 안테나는 1개, 수신기는 8개, 송신 안테나의 안테나간 거리(d)는 $\frac{\lambda}{20}$ 으로 매우 높은 공간 상관도를 가정하였다. 본 발명의 실시 예에 따른 방법(예컨대, CDCQ(Contractible Dimension Channel Quantization) 방식)은 하나인 랜덤 벡터 양자화(Random Vector Quantization, RVQ) 대비 4비트 코드북을 사용하더라도 종래 기술의 6비트와 8비트보다 단위 주파수당 총 전송률의 성능이 좋다. 따라서 본 발명의 실시 예에 따른 방법을 사용하면 종래의 기법 대비 피드백의 오버헤드를 줄일 수 있다.

[0069] 또한 본 발명의 실시 예는 RVQ 뿐만 아니라, 다른 채널 양자화에도 적용 가능하다. 즉, 코드북에 측정 매트릭스를 곱하여 CS 기반 코드북을 생성할 수 있다. 또한 본 발명의 실시 예는 Compact Massive MIMO array에 적용 가능하다.

[0070] 본 발명의 실시 예는 하기 <표 1>과 같이, CDCQ 방식을 이용함으로써, 곱셈 연산량을 줄일 수 있다. 하기 <표 1>는 M=36에서의 곱셈 연산량을 나타낸다. 여기서, M은 송신기에서 안테나의 수를 나타낸다. N은 압축률(η) 만큼 압축된 또는 차원이 감소된 안테나의 수를 나타낸다.

표 1

η	N	곱셈 연산량
1(RVQ)	36	144
0.3(CDCQ)	12	48
0.1(CDCQ)	4	16

[0071]

[0072] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치 및 방법은 하드웨어, 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 조합의 형태로 실현 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 이러한 임의의 소프트웨어는 예를 들어, 삭제 가능 또는 재기록 가능 여부와 상관없이, ROM 등의 저장 장치와 같은 휘발성

또는 비휘발성 저장 장치, 또는 예를 들어, RAM, 메모리 칩, 장치 또는 집적 회로와 같은 메모리, 또는 예를 들어 CD, DVD, 자기 디스크 또는 자기 테이프 등과 같은 광학 또는 자기적으로 기록 가능함과 동시에 기계(예를 들어, 컴퓨터)로 읽을 수 있는 저장 매체에 저장될 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 방법은 제어부 및 메모리를 포함하는 컴퓨터 또는 휴대 단말에 의해 구현될 수 있고, 상기 메모리는 본 발명의 실시 예들을 구현하는 지시들을 포함하는 프로그램 또는 프로그램들을 저장하기에 적합한 기계로 읽을 수 있는 저장 매체의 한 예임을 알 수 있을 것이다.

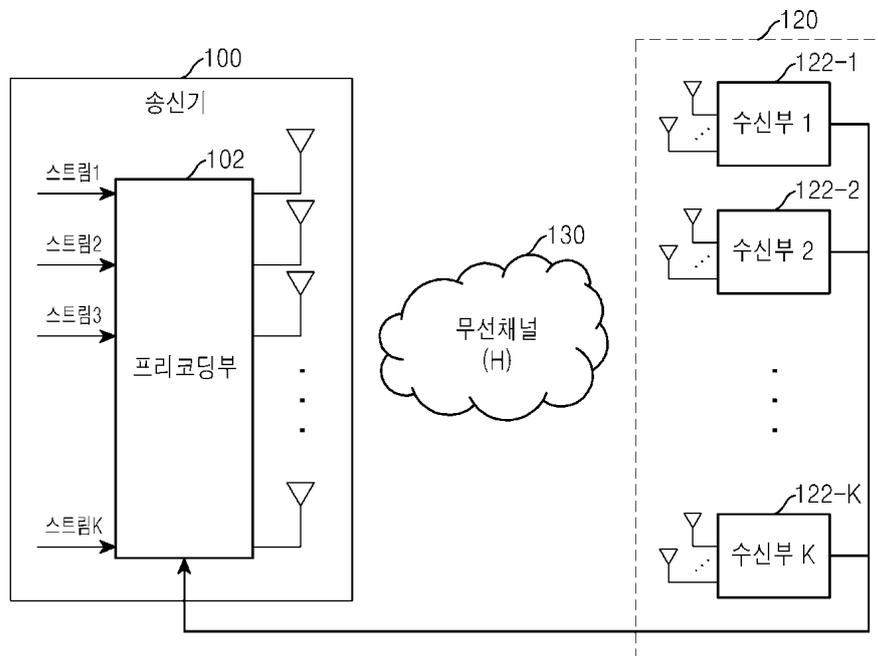
[0073] 따라서, 본 발명은 본 명세서의 임의의 청구항에 기재된 장치 또는 방법을 구현하기 위한 코드를 포함하는 프로그램 및 이러한 프로그램을 저장하는 기계(컴퓨터 등)로 읽을 수 있는 저장 매체를 포함한다. 또한, 이러한 프로그램은 유선 또는 무선 연결을 통해 전달되는 통신 신호와 같은 임의의 매체를 통해 전자적으로 이송될 수 있고, 본 발명은 이와 균등한 것을 적절하게 포함한다.

[0074] 또한 본 발명의 실시 예에 따른 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 장치는 유선 또는 무선으로 연결되는 프로그램 제공 장치로부터 상기 프로그램을 수신하여 저장할 수 있다. 상기 프로그램 제공 장치는 상기 프로그램 처리 장치가 기 설정된 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 방법을 수행하도록 하는 지시들을 포함하는 프로그램, 다중 입력 다중 출력 시스템에서 채널 피드백 방법에 필요한 정보 등을 저장하기 위한 메모리와, 상기 그래픽 처리 장치와의 유선 또는 무선 통신을 수행하기 위한 통신부와, 상기 그래픽 처리 장치의 요청 또는 자동으로 해당 프로그램을 상기 송수신 장치로 전송하는 제어부를 포함할 수 있다.

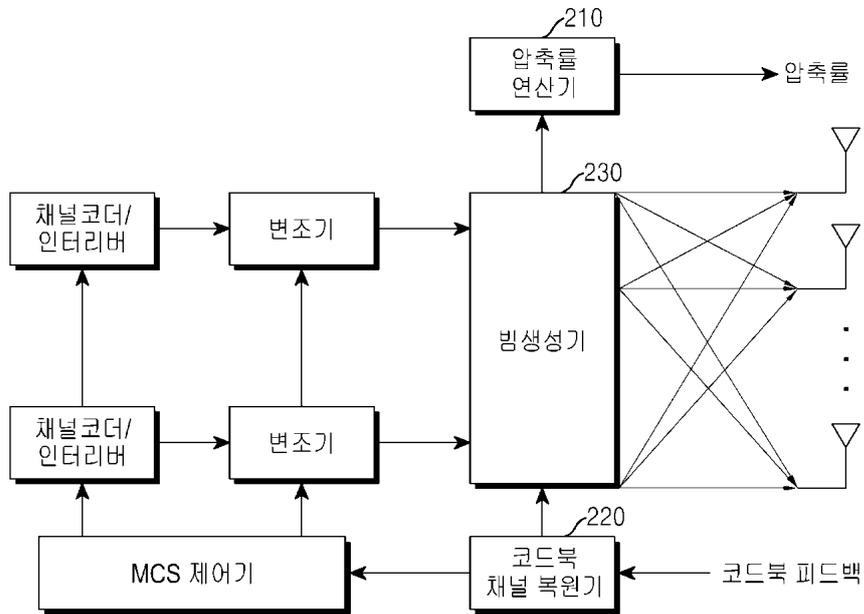
[0075] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

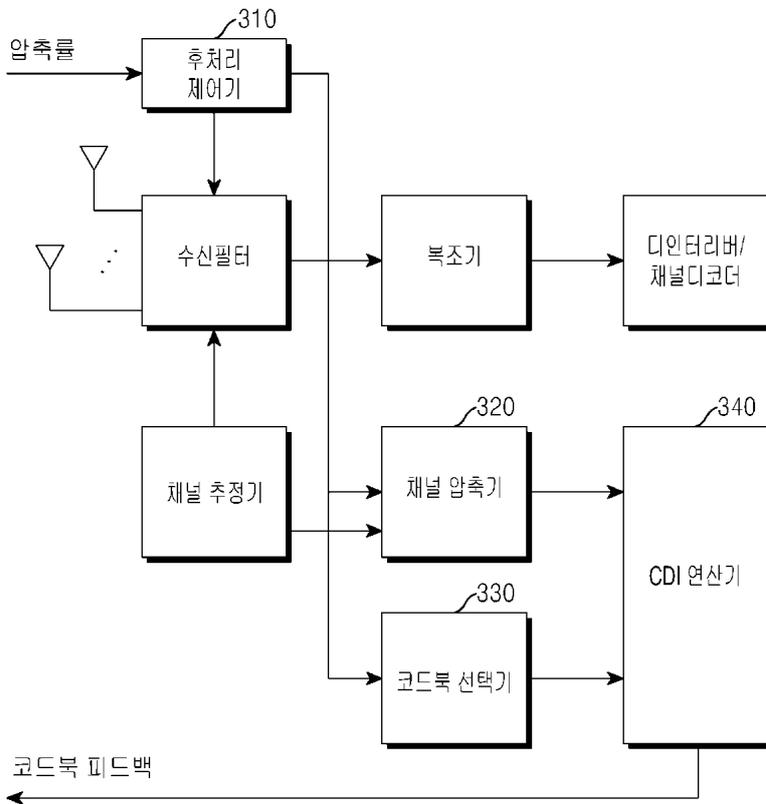
도면1



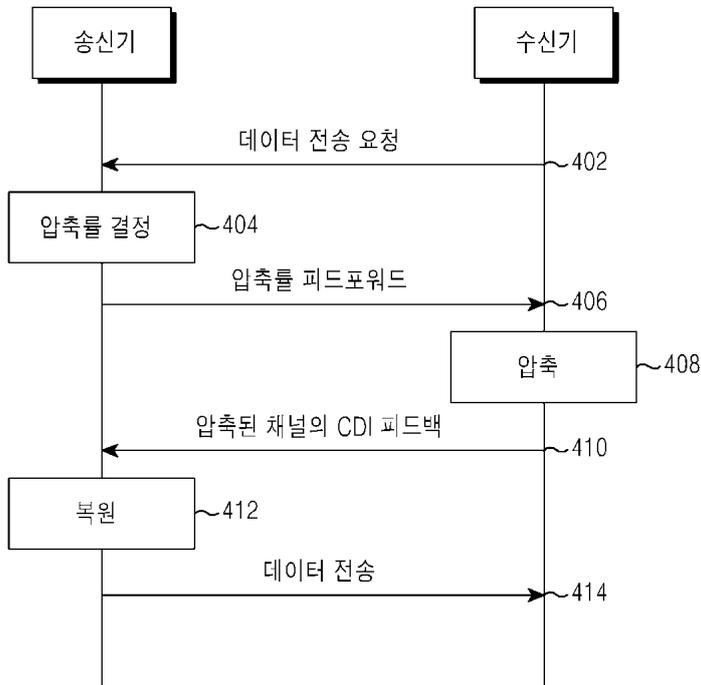
도면2



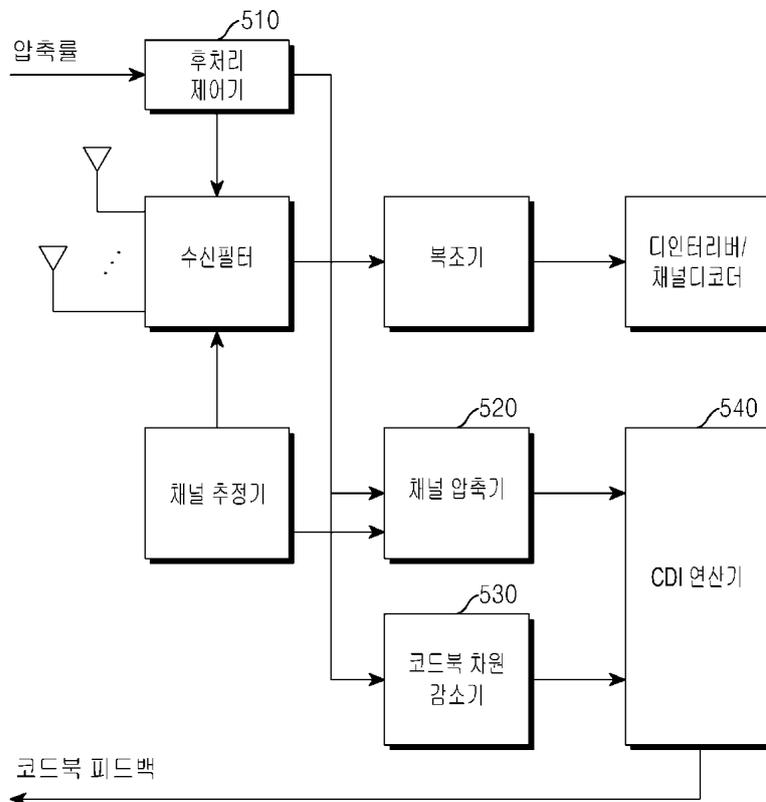
도면3



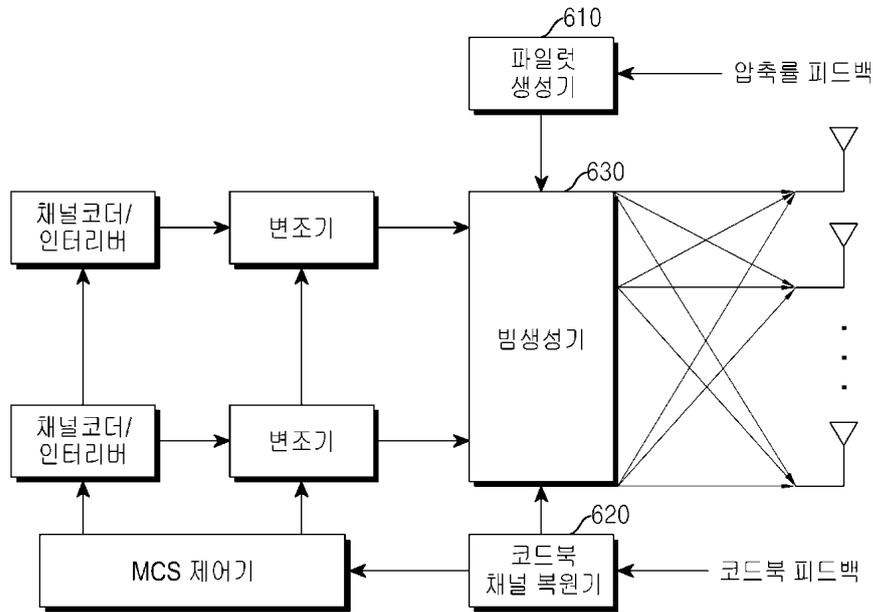
도면4



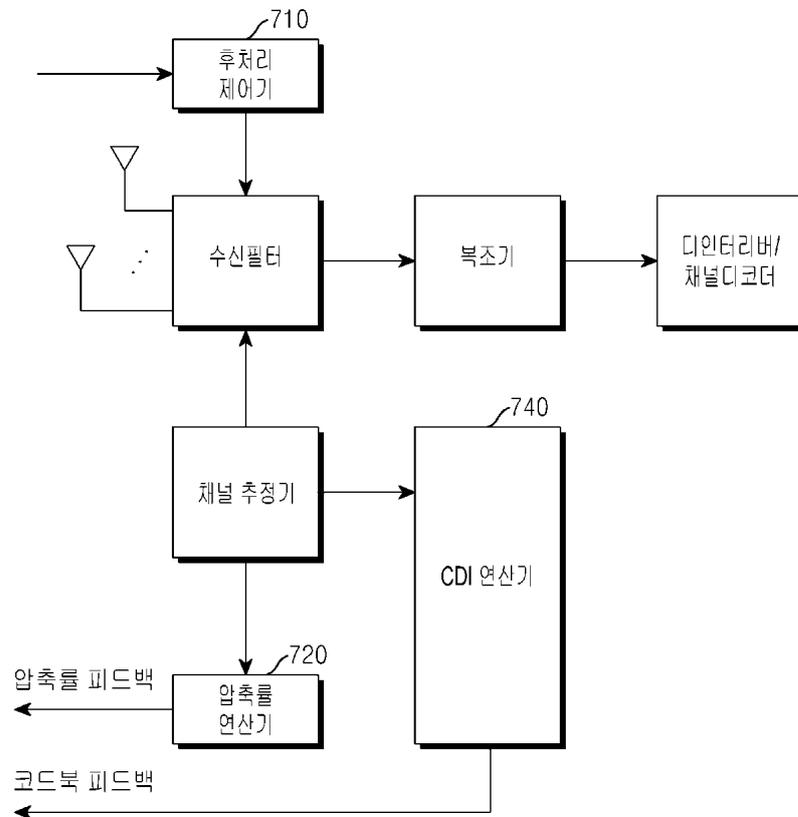
도면5



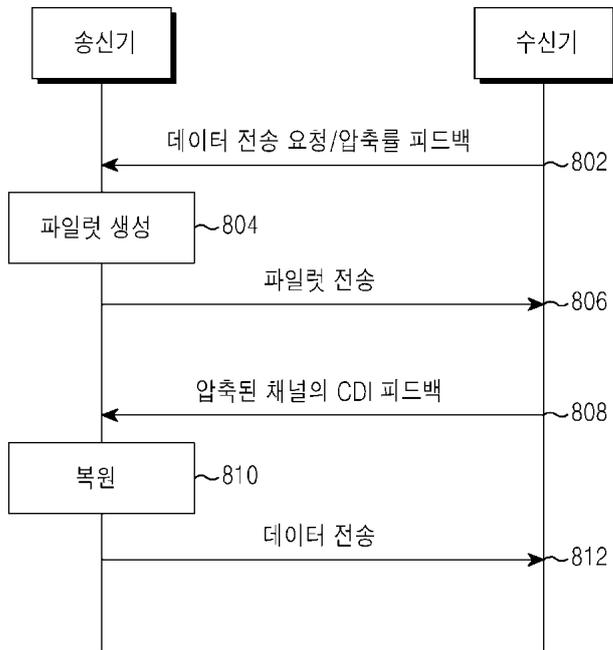
도면6



도면7



도면8



도면9

0.5377	-1.3499	0.6715	0.8884	-0.1022	-0.8637	-1.0891	-0.6156	1.4193	-1.1480
1.8339	3.0349	-1.2075	-1.1471	-0.2414	0.0774	0.0326	0.7481	0.2916	0.1049
-2.2588	0.7254	0.7172	-1.0689	0.3192	-1.2141	0.5525	-0.1924	0.1978	0.7223
0.8622	-0.0631	1.6302	-0.8095	0.3129	-1.1135	1.1006	0.8886	1.5877	2.5855
0.3188	0.7147	0.4889	-2.9443	-0.8649	-0.0068	1.5442	-0.7648	-0.8045	-0.6669
-1.3077	-0.2050	1.0347	1.4384	-0.0301	1.5326	0.0859	-1.4023	0.6966	0.1873
-0.4336	-0.1241	0.7269	0.3252	-0.1649	-0.7697	-1.4916	-1.4224	0.8351	0.0825
0.3426	1.4897	-0.3034	-0.7549	0.6277	0.3714	-0.7423	0.4882	-0.2437	-1.9300
3.5784	1.4090	0.2939	1.3703	1.0933	-0.2256	-1.0616	-0.1774	0.2157	-0.4390
2.7694	1.4172	-0.7873	-1.7115	1.1093	1.1174	2.3505	-0.1961	-1.1658	-1.7947

도면10

