



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월24일

(11) 등록번호 10-2413068

(24) 등록일자 2022년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 25/02 (2006.01) H04B 7/06 (2017.01)(52) CPC특허분류
H04L 25/021 (2013.01)
H04B 7/0626 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0115429

(22) 출원일자 2017년09월08일

심사청구일자 2020년09월08일

(65) 공개번호 10-2019-0028228

(43) 공개일자 2019년03월18일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110098592 A*

KR1020120033348 A*

KR1020100108684 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

노훈동

경기도 수원시 영통구 영통로290번길 26, 834동
503호(영통동, 벽적골주공 휴먼시아8단지)

최수용

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제2공학관 B716
호(신촌동, 연세대학교)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

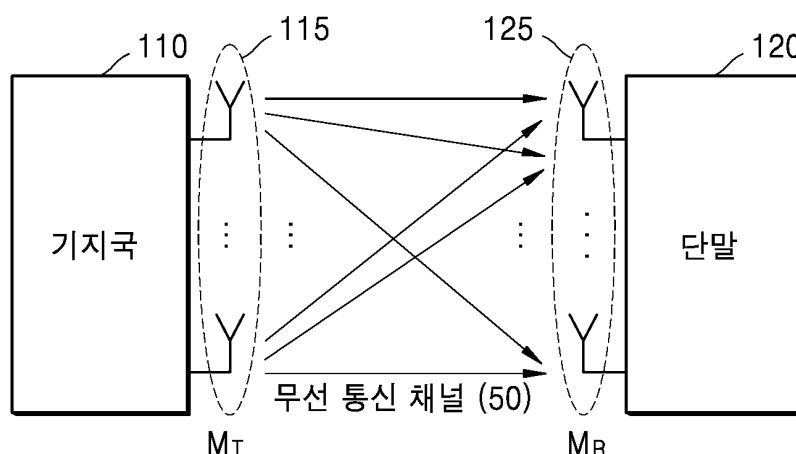
심사관 : 황철규

(54) 발명의 명칭 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 채널 정보 제공 방법 및 이를 위한 장치

(57) 요약

본 개시는 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 채널 정보를 제공하는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다. 본 개시의 일 실시예에 따른 방법은, 기지국으로부터 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 수신하고, 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성하며, 생성된 채널 정보를 기지국에 송신할 수 있다.

대표도 - 도1

100

(72) 발명자

곽영우

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 34, 6209동
1402호(하동, 광고센트럴타운62단지)

장영록

서울특별시 서대문구 신촌로9길 61, 301호(창천동)

김윤선

경기도 성남시 분당구 내정로 186, 103동 803호(수
내동, 파크타운대림아파트)

이동현

대구광역시 수성구 상록로 69, 104동 1602호(범어
동, 래미안수성아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

다중 안테나 무선 통신 시스템에서 단말의 채널 정보 제공 방법에 있어서,

기지국으로부터 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 기초하여 채널 정보를 생성하는 방식을 나타내는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 수신하는 단계;

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 상기 기지국과 상기 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성하는 단계; 및

상기 생성된 채널 정보를 상기 기지국에 송신하는 단계를 포함하고,

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 정보를 생성하는 단계는,

상기 공분산 행렬 내의 성분들 중 복수의 대각 성분들에 대해, 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계; 및

상기 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 정보를 생성하는 단계는,

상기 기지국으로부터 상기 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 상기 빔 그룹 행렬 및 상기 공분산 행렬에 기초하여, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 생성하는 단계;

상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들 중 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계; 및

상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값(eigenvalue) 및 고유벡터 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 정보를 생성하는 단계는,

상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 상기 고유값 및 상기 고유벡터(eigenvector) 성분을 획득하는 단계; 및

상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분 각각에 대해 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 정보를 생성하는 단계는,

상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 상기 고유값 및 상기 고유벡터를 획득하는 단계;

상기 고유벡터 및 상기 기지국으로부터 상기 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 빔 그룹 행렬을 기초로, 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 생성하는 단계; 및

상기 고유값 및 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 각각에 대해 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 6

다중 안테나 무선 통신 시스템에서 기지국의 채널 정보 제공 방법에 있어서,

단말에 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 기초하여 채널 정보를 생성하는 방식을 나타내는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 송신하는 단계;

상기 채널 정보 생성 방식에 따라 생성된 상기 기지국과 상기 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 상기 단말로부터 수신하는 단계; 및

상기 채널 정보를 통해 획득된 공분산 행렬에 기초하여 상기 기지국과 상기 단말 간의 채널 상태를 결정하는 단계를 포함하고,

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 상태를 결정하는 단계는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 공분산 행렬 내의 성분들 중 복수의 대각 성분들에 대한 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로, 상기 공분산 행렬의 대각 성분을 결정하는 단계;

상기 채널 정보에 포함된 상기 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로, 상기 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하는 단계; 및

상기 대각 성분, 상기 상삼각행렬 및 상기 하삼각행렬을 결합하여, 상기 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 6항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 상태를 결정하는 단계는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들 중 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분을 결정하는 단계;

상기 채널 정보에 포함된, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하는 단계; 및

상기 대각 성분, 상기 상삼각행렬 및 상기 하삼각행렬을 결합한 결과 획득된 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 기초로, 상기 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 9

제 6항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값 및 고유벡터 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 상태를 결정하는 단계는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 공분산 행렬 내의 성분들의 상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분 각각에 대한 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보에 기초하여 상기 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분을 결정하는 단계; 및

상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분을 기초로 상기 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공

방법.

청구항 10

제 6항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 채널 상태를 결정하는 단계는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 공분산 행렬의 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분들 및 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 상기 고유값 각각에 대한 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보에 기초하여, 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 상기 고유값을 결정하는 단계;

상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 상기 기지국으로부터 상기 단말에 송신된 빔을 나타내는 빔 그룹 행렬에 기초하여, 고유벡터를 결정하는 단계; 및

상기 고유값 및 상기 고유벡터로부터 상기 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함하는, 채널 정보 제공 방법.

청구항 11

다중 안테나 무선 통신 시스템에서 채널 정보를 제공하는 단말에 있어서,

기지국으로부터 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 기초하여 채널 정보를 생성하는 방식을 나타내는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 수신하는 송수신부;

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 저장하는 메모리; 및

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 상기 기지국과 상기 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 송수신부는,

상기 생성된 채널 정보를 상기 기지국에 송신하며,

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 공분산 행렬 내의 성분들 중 복수의 대각 성분들에 대해, 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하고,

상기 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는, 단말.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 11항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 기지국으로부터 상기 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 상기 빔 그룹 행렬 및 상기 공분산 행렬에 기초하여, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 생성하고, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들 중, 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하며, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는, 단말.

청구항 14

제 11항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값(eigenvalue) 및 고유벡터 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의

프로세서는,

상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분을 획득하고, 상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분 각각에 대해 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는, 단말.

청구항 15

제 11항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 상기 고유값 및 상기 고유벡터를 획득하고, 상기 고유벡터 및 상기 기지국으로부터 상기 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 빔 그룹 행렬을 기초로, 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 생성하며, 상기 고유값 및 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 각각에 대해 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는, 단말.

청구항 16

다중 안테나 무선 통신 시스템에서 채널 정보를 제공하는 기지국에 있어서,

채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 저장하는 메모리;

단말에 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 기초하여 채널 정보를 생성하는 방식을 나타내는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 송신하고, 상기 채널 정보 생성 방식에 따라 생성된, 상기 기지국과 상기 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬 내의 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 상기 단말로부터 수신하는 송수신부; 및

상기 채널 정보를 통해 획득된 공분산 행렬에 기초하여 상기 기지국과 상기 단말 간의 채널 상태를 결정하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 공분산 행렬 내의 성분들 중 복수의 대각 성분들에 대한 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로, 상기 공분산 행렬의 대각 성분을 결정하고, 상기 채널 정보에 포함된 상기 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로, 상기 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하며, 상기 대각 성분, 상기 상삼각행렬 및 상기 하삼각행렬을 결합하여, 상기 공분산 행렬을 획득하는, 기지국.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 16항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들간의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 내의 성분들 중 인접 대각 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분을 결정하고, 상기 채널 정보에 포함된, 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하며, 상기 대각 성분, 상기 상삼각행렬 및 상기 하삼각행렬을 결합한 결과 획득된 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 기초로 상기 공분산 행렬을 획득하는, 기지국.

청구항 19

제 16항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값 및 고유벡터 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 공분산 행렬 내의 성분들의 상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분 각각에 대한 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보에 기초하여 상기 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분을 결정하고, 상기 고유값 및 상기 고유벡터 성분을 기초로 상기 공분산 행렬을 획득하는, 기지국.

청구항 20

제 16항에 있어서, 상기 채널 정보 생성 방식에 관한 정보가 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분의 변화량에 기초한 생성 방식을 나타내는 경우, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 채널 정보에 포함된, 상기 공분산 행렬의 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분들 및 상기 공분산 행렬 내의 성분들에 대한 상기 고유값 각각에 대한 인접 성분들 간의 변화량에 관한 정보에 기초하여, 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 상기 고유값을 결정하고, 상기 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 상기 기지국으로부터 상기 단말에 송신된 빔을 나타내는 빔 그룹 행렬에 기초하여, 고유벡터를 결정하고, 상기 고유값 및 상기 고유벡터로부터 상기 공분산 행렬을 획득하는, 기지국.

청구항 21

제 1항, 제3항 내지 제6항 및 제8항 내지 제 10항 중 어느 하나의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 안테나 무선 통신 시스템에 대한 것으로서, 보다 구체적으로 다중 안테나 무선 통신 시스템에서, 공분산 행렬 기반의 채널 정보를 제공하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 4G 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G 통신 시스템(또는 NR, New Radio) 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후 (Beyond 4G Network) 통신 시스템 또는 LTE(Long Term Evolution) 시스템 이후 (Post LTE)의 시스템이라 불리어지고 있다.

[0003] 기존의 LTE 시스템에서는 높은 정확도로 채널 정보를 제공하기 위해, 공분산 행렬 피드백 방식을 통해 기지국과 단말 간에 채널 정보를 확인할 수 있다. 다만, 공분산 행렬 피드백 방식의 경우, 공분산 행렬을 구성하는 모든 성분을 채널 정보로서 제공해야 함에 따라, 채널 정보 제공 시 발생하는 오버헤드가 크다는 문제점이 있다.

[0004] 한편, NR 시스템의 경우, 통신 성능 향상을 위해, 보다 많은 수의 안테나를 지원함에 따라 공분산 행렬 피드백 방식에 기초한 채널 정보 제공 시, 오버헤드가 보다 증가할 수 있다. 이에 따라, 채널 정보 제공 시, 정확도를 유지하면서도 오버헤드를 감소시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 개시된 실시예는 공분산 행렬 기반의 채널 정보 제공 시, 공분산 행렬을 구성하는 성분으로 인해 발생하는 오버헤드를 줄일 수 있는 채널 정보 제공 방법 및 장치에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 단말의 채널 정보 제공 방법은, 기지국으로부터 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 수신하는 단계; 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성하는 단계; 및 생성된 채널 정보를 기지국에 송신하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 단말의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 정보를 생성

하는 단계는, 공분산 행렬에 포함된 복수의 대각 성분에 대해, 인접 대각 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계; 및 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 단말의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 정보를 생성하는 단계는, 기지국으로부터 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 빔 그룹 행렬 및 공분산 행렬에 기초하여, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 생성하는 단계; 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬에 대해, 인접 대각 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계; 및 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 단말의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 정보를 생성하는 단계는, 공분산 행렬의 고유값(eigenvalue) 및 고유벡터(eigenvector) 성분을 획득하는 단계; 및 고유값 및 고유벡터 성분 각각에 대해 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 단말의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 정보를 생성하는 단계는, 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터를 획득하는 단계; 고유벡터 및 기지국으로부터 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 빔 그룹 행렬을 기초로, 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 생성하는 단계; 및 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 각각에 대해 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 기지국의 채널 정보 제공 방법은, 단말에 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 송신하는 단계; 채널 정보 생성 방식에 따라 생성된 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 단말로부터 수신하는 단계; 및 채널 정보를 통해 획득된 공분산 행렬에 기초하여 기지국과 단말 간의 채널 상태를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 기지국의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 상태를 결정하는 단계는, 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 인접 대각 성분 간의 변화량에 관한 정보를 기초로, 공분산 행렬의 대각 성분을 결정하는 단계; 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 기초로, 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하는 단계; 및 대각 성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합하여, 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 기지국의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 상태를 결정하는 단계는, 채널 정보에 포함된, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 인접 대각 성분 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분을 결정하는 단계; 채널 정보에 포함된, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하는 단계; 및 대각 성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합한 결과 획득된 상기 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 기초로, 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 기지국의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 상태를 결정하는 단계는, 채널 정보에 포함된, 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분 각각에 대한 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보에 기초하여 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분을 결정하는 단계; 및 고유값 및 고유벡터 성분을 기초로 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 기지국의 채널 정보 제공 방법에 있어서, 채널 상태를 결정하는 단계는, 채널 정보에 포함된, 공분산 행렬의 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 및 공분산 행렬의 고유값 각각에 대한 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보에 기초하여, 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 상기 고유값을 결정하는 단계; 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 기지국으로부터 단말에 송신된 빔을 나타내는 빔 그룹 행렬에 기초하여, 고유벡터를 결정하는 단계; 및 고유값 및 고유벡터로부터 공분산 행렬을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 채널 정보를 제공하는 단말은, 기지국으로부터 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 수신하는 송수신부; 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 저장하는 메모리; 및 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 송수신부는, 생성된 채널 정보를 기지국에 송신할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템에서 채널 정보를 제공하는 기지국은, 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 저장하는 메모리; 단말에 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 송신하고, 채널 정보 생성 방식에 따라 생성된, 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 단말로부터 수신하는 송수신부; 및 채널 정보를 통해 획득된 공분산 행렬에 기초하여 기지국과 단말 간의 채널 상태를 결정하는 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 개시된 실시예를 통해, 낮은 피드백 오버헤드만으로도 공분산 행렬에 기반한 채널 정보를 제공할 수 있다. 또한 개시된 실시예에 따른 채널 정보 제공 방법 및 장치는 코드북에 기반하거나 기반하지 않는 방식 및 공분산 행렬 자체 또는 공분산 행렬의 특이값 분해 후 얻어지는 고유값 및 고유벡터 등 임의의 공분산 행렬에 모두 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템을 도시한 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 단말이 기지국에 채널 정보를 제공하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 기지국이 단말로부터 수신한 채널 정보를 기초로 채널 상태를 결정하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4는 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 채널 정보가 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 5는 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 공분산 행렬 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 6은 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 빔 그룹의 공분산 행렬 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 7은 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 8은 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 빔 그룹의 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 9는 일 실시예에 따른 단말이 공분산 행렬의 인접 성분간의 변화량에 대한 근사값을 채널 정보로서 제공하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 10은 본 실시예에 따른 기지국이 채널 정보로부터 공분산 행렬을 획득하는 방법을 보다 구체적으로 설명하기 위한 흐름도이다.

도 11은 본 실시예에 따른 단말이 선형 회귀 방식을 이용하여, 변화량의 근사값을 결정하는 방식을 설명하기 위한 그래프이다.

도 12는 일 실시예에 따른 단말의 블록도이다.

도 13은 일 실시예에 따른 기지국의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 동작 원리를 상세히 설명한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0021] NR-MIMO(New Radio-Multiple Input Multiple Output) 시스템에서는 기지국이 최대 256개 안테나를 지원하고, 단말이 6 GHz 이상 및 이하의 주파수 대역에서 각각 32개 및 8개까지의 안테나를 지원하며, 주파수 효율이 최대 30 bps/Hz까지 지원될 수 있다. 따라서, NR-MIMO 시스템 지원을 위해서는 고차 다중 사용자 기술(high-order

multiuser MIMO)지원과 고차원 채널에 대한 정확한 채널 상태 정보 피드백(CSI feedback)이 요구될 수 있다.

[0022] LTE(Long Term Evolution) Release 13, 14에서 CSI 피드백은 코드북에 기반한 암시적 CSI(Channel State Information) 피드백 (implicit CSI feedback)으로 수행되었다. 하지만 암시적 CSI 피드백의 경우, 단일 사용자(single user) 동작 기준으로 PMI(Precoding Matrix Indicator), CQI(Channel Quality Indicator), RI(Rank Indicator), CRI(CSI-RS Resource Indicator)를 기초로 CSI 피드백이 수행되며, 상대적으로 피드백 오버헤드가 낮은 반면에, 낮은 정확도의 채널 피드백이 지원되므로 다중 사용자 기술 지원을 위한 기지국에서의 프리코딩 및 스케줄링에 있어서 제한적인 동작만이 가능할 수 있다.

[0023] 반면, NR-MIMO 시스템에서는 LTE의 암시적 CSI 피드백 방식이 타입 I으로, LTE의 암시적 CSI 피드백 방식에 비해 높은 해상도의 피드백 방식이 타입 II로 정의될 수 있다. 또한 타입 II는 3가지 카테고리로 분류될 수 있다. 예를 들어, 카테고리 1은 프리코더 행렬 피드백, 카테고리 2는 공분산 행렬 피드백, 카테고리 3는 하이브리드(hybrid) CSI 피드백에 관한 것이다. 이 중, 카테고리 2에 해당하는 공분산 행렬은 구성 성분의 개수가 다른 카테고리에 비해 많으므로 채널 정보 제공 시, 오버헤드를 줄이기 위한 방식이 요구될 수 있다.

[0024] 한편, 일 실시예에 따른 채널 정보를 제공하는 방법 및 이를 위한 장치는 공분산 행렬에 포함된 성분의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 제공함으로써, 오버헤드를 줄일 수 있다. 본 개시에 따른 채널 정보 제공 방법에 대해 이하에서 도 1 내지 도 13을 참조하여 구체적으로 후술하도록 한다.

[0025] 도 1은 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템(100)을 도시한 도면이다.

[0026] 도 1을 참조하면, 다중 안테나 무선 통신 시스템(100)은 기지국(110) 및 단말(120)을 포함할 수 있다. 다만, 일 실시예에 따른 다중 안테나 무선 통신 시스템(100)의 구성 요소가 전술한 예에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에 따라, 다중 안테나 무선 통신 시스템(100)은 전술한 구성 요소들 보다 더 많은 구성 요소를 포함하거나 더 적은 구성 요소를 포함할 수도 있다.

[0027] 개시된 실시예에 따른 기지국(110) 및 단말(120)은 각각 복수의 안테나를 구비할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이 기지국(110)은 M_T 개의 안테나(115)를 구비하고, 단말(120)은 M_R 개의 안테나(125)를 구비할 수 있다.

[0028] 또한, 단말(120)은 기지국(110)으로부터 단말(120)에 적어도 하나의 빔이 송신되는 하향링크 송신 환경에서의 채널 상태에 관한 정보를 기지국(110)에 피드백으로 제공할 수 있다. 무선 통신 시스템(100)에 복수의 단말이 존재하는 경우에는, 각 단말에서 기지국(110)으로 채널 상태에 관한 정보를 피드백으로 제공할 수 있다.

[0029] 한편, 기지국(110)과 단말(120) 간의 채널 상태는 공분산 행렬(covariance matrix)로 나타낼 수 있다. 본 명세서에서는 공분산 행렬을 구성하는 스칼라의 개수를 공분산 행렬 요소(covariance matrix element)로 설명하도록 한다. 예를 들어 기지국(110)의 안테나가 M_T 개, 단말(120)의 안테나가 M_R 개인 경우 기지국(110)과 단말(120) 간의 공분산 행렬의 차원은 $M_T \times M_T$ 로 표현될 수 있고, 공분산 행렬 내에는 M_T^2 개의 공분산 행렬 요소가 포함될 수 있다. 공분산 행렬 요소는 복소수 형태일 수 있다.

[0030] 또한, 본 명세서에서는 공분산 행렬 요소를 구성하는 성분들을 공분산 행렬 성분(covariance matrix component)으로 설명하도록 한다. 복소수 형태로 표현되는 공분산 행렬 요소는 특정 성분으로 나뉘질 수 있다. 예를 들어, 공분산 행렬 요소의 실수 성분과 허수 성분, 크기 성분과 위상 성분 및 실수 성분과 위상 성분 중 어느 하나로 나뉘질 수 있으나, 이는 일 예일 뿐, 공분산 행렬 요소를 실수 값의 공분산 행렬 성분으로 나누는 방법이 전술한 예에 한정되는 것은 아니다.

[0031] 일 실시예에 따른 공분산 행렬은 N개의 부반송파를 사용하는 다중 안테나 통신 시스템(100)에서 각 부반송파에서의 공분산 행렬을 평균한 광대역(Wideband, WB) 공분산 행렬로 정의될 수 있다. 공분산 행렬은 다음의 수학적 식 1에 기초하여 획득될 수 있다.

[0032] [수학적 식 1]

$$\mathbf{C} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \{\mathbf{H}(k)\mathbf{H}(k)^H\}$$

[0033]

- [0034] 상기의 수학식 1에서 $\mathbf{H}(k)$ 는 k번째 부반송파에서의 채널 행렬을 의미한다. 또한, 수학식 1에 기초하여 표현되는 공분산 행렬은 M_T^2 개의 공분산 행렬 요소를 가질 수 있다.
- [0035] 도 2는 일 실시예에 따른 단말이 기지국에 채널 정보를 제공하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0036] 210 단계에서, 단말은 기지국으로부터 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 수신할 수 있다.
- [0037] 일 실시예에 따른 채널 정보 생성 방식의 종류에는 공분산 행렬의 성분의 변화량에 기초한 생성 방식, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 성분의 변화량에 기초한 생성 방식, 공분산 행렬의 고유벡터 성분 및 고유값의 변화량에 기초한 생성 방식 및 공분산 행렬의 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 성분과 고유값의 변화량에 기초한 생성 방식 등이 포함될 수 있다. 다만, 이는 일 실시예일 뿐, 개시된 기술적 사상에 따른 채널 정보 생성 방식이 전술한 예에 한정되는 것은 아니다.
- [0038] 220 단계에서, 단말은 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0039] 단말은 기지국으로부터 수신한 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 기초로, 단말의 채널 정보 생성 방식을 설정할 수 있다. 또한, 단말은 기지국으로부터 수신한 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0040] 단말은 설정된 채널 정보 생성 방식에 따라 공분산 행렬에 포함된 성분의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다.
- [0041] 예를 들어, 단말은 공분산 행렬의 대각 성분에 대해 인접 대각 성분 간의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 생성할 수 있다. 또한, 단말은 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나에 대해 행 별 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 생성할 수 있다.
- [0042] 다른 예에 따라, 단말은 기지국으로부터 단말에 송신된 빔 그룹을 나타내는 빔 그룹 행렬 및 공분산 행렬에 기초하여, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 생성할 수 있다. 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분에 대해, 인접 대각 성분 간의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다. 또한, 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 생성할 수 있다.
- [0043] 또 다른 예에 따라, 단말은 공분산 행렬의 고유값(eigenvalue) 성분 및 고유벡터(eigenvector) 성분을 획득할 수 있다. 단말은 고유값 및 고유벡터 성분 각각에 대해, 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 생성할 수 있다.
- [0044] 또 다른 예에 따라, 단말은 공분산 행렬의 고유벡터 및 빔 그룹 행렬을 기초로 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 생성할 수 있다. 또한, 단말은 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 각각에 대해, 인접 성분 간의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 생성할 수 있다.
- [0045] 230 단계에서, 단말은 생성된 채널 정보를 기지국에 송신할 수 있다.
- [0046] 일 실시예에 따른 단말은 생성된 채널 정보를 기지국에 송신함으로써, 하향 링크의 채널 상태에 관한 정보를 기지국에 피드백할 수 있다. 또한, 단말은 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 채널 정보로 제공함에 따라, 공분산 행렬을 구성하는 모든 성분을 피드백하는 경우에 비해 오버헤드를 줄일 수 있다.
- [0047] 도 3은 일 실시예에 따른 기지국이 단말로부터 수신한 채널 정보를 기초로 채널 상태를 결정하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0048] 310 단계에서, 기지국은 단말에 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 송신할 수 있다.
- [0049] 일 실시예에 따른 기지국은 도 2의 210 단계를 참조하여 전술한 복수의 채널 정보 생성 방식 중 어느 하나를 특정하기 위한 채널 정보 생성 방식에 관한 정보를 단말에 송신할 수 있다.
- [0050] 320 단계에서, 기지국은 채널 정보 생성 방식에 따라 생성된, 기지국과 단말 간의 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 단말로부터 수신할 수 있다.
- [0051] 330 단계에서, 기지국은 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 기초하여 기지국과 단말 간의 채널 상태를 결정할

수 있다.

- [0052] 예를 들어, 기지국은 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 인접 대각 성분 간의 변화량을 기초로 공분산 행렬의 대각 성분을 결정할 수 있다. 또한, 기지국은 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 변화량을 기초로 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정할 수 있다. 기지국은 대각성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합하여 획득된 공분산 행렬을 기초로 채널 상태를 결정할 수 있다.
- [0053] 다른 예에 따라, 기지국은 채널 정보에 포함된, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 인접 대각 성분 간의 변화량을 기초로 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분을 결정할 수 있다. 또한, 기지국은 결정된 대각 성분 및 채널 정보에 포함된 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 행 별 인접 성분 간 변화량을 기초로, 빔 그룹에 대한 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정할 수 있다. 기지국은 대각성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합하여 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 획득할 수 있다. 또한, 기지국은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 및 빔 그룹 행렬로부터 복원된 공분산 행렬을 기초로 채널 상태를 결정할 수 있다.
- [0054] 또 다른 예에 따라, 기지국은 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분 각각의 인접 성분 간 변화량을 기초로, 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분을 결정할 수 있다. 기지국은 고유값 및 고유벡터 성분을 결합하여 획득된 공분산 행렬을 기초로 채널 상태를 결정할 수 있다.
- [0055] 또 다른 예에 따라, 기지국은 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 및 고유값 각각의 인접 성분 간 변화량을 기초로, 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 고유값을 결정할 수 있다. 기지국은 빔 선형 조합 계수 벡터 및 빔 그룹 행렬에 기초하여 고유벡터를 결정할 수 있다. 또한, 기지국은 고유값 및 고유벡터로부터 복원된 공분산 행렬을 기초로 채널 상태를 결정할 수 있다.
- [0056] 도 4는 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 채널 정보가 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0057] 410 단계에서, 기지국 및 단말은 채널 정보 생성 방식을 설정할 수 있다. 일 실시예에 따른 채널 정보 생성 방식의 종류는 도 2의 210단계에서 설명된 바와 대응될 수 있다.
- [0058] 420 단계에서, 기지국은 단말에 기준 신호를 송신할 수 있다.
- [0059] 기지국은 단말에서의 채널 추정을 위해 기준 신호를 송신할 수 있다. 여기에서, 기준 신호는 LTE에서 사용되는 널-프리코디드 CSI-RS(non-precoded CSI-reference signaling) 또는 빔폼드 CSI-RS (beamformed CSI-RS) 중 어느 하나일 수 있으나, 이는 일 실시예일 뿐, 기준 신호가 전술한 예에 한정되는 것은 아니다. 다른 예에 따라, 기준 신호는 NR-MIMO에서 새로 정의하는 기준 신호 일 수도 있다.
- [0060] 430 단계에서, 단말은 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0061] 일 실시예에 따른 단말은 기준 신호를 수신하여 부반송과 별 채널 행렬을 획득할 수 있다. 또한, 단말은 부반송과 별 채널 행렬을 기초로 수학식 1에 따라 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0062] 440 단계에서, 단말은 채널 정보 생성 방식에 따라 공분산 행렬 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0063] 예를 들어, 단말은 전술한 수학식 1을 통해 획득할 수 있는 공분산 행렬 자체의 성분들의 변화량을 결정할 수 있다. 공분산 행렬이 에르미트(Hermitian) 행렬임에 따라, 단말은 상삼각행렬 또는 하삼각행렬 중 1개의 성분들의 변화량과 대각 성분의 변화량을 채널 정보로서 생성할 수 있다.
- [0064] 다른 예에 따라, 단말은 공분산 행렬에 빔 그룹 행렬을 곱한 결과 획득된 줄어든 크기의 공분산 행렬의 성분들의 변화량을 결정할 수 있다. 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬은 하기 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.
- [0065] [수학식 2]

$$\bar{\mathbf{C}} = \mathbf{U}^H \mathbf{C} \mathbf{U}$$

[0066]

- [0067] 상기 수학식 2에서 \mathbf{U} 는 빔 그룹 행렬을 나타낼 수 있다. 빔 그룹 행렬이 2L개의 빔 벡터를 열 벡터로 가지는 경우, 상기 수학식 2와 같이 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬은 기존의 공분산 행렬의 차원인 $M_T \times M_P$ 에 비해 감소된 $2L \times 2L$ 차원을 가질 수 있다. 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 또한 기존의 공분산 행렬과 마찬가지로

지로 에르미트 행렬임에 따라, 단말은 상삼각행렬 또는 하삼각행렬 중 하나의 전체 성분과 대각 성분의 변화량을 채널 정보로서 생성할 수 있다.

[0068] 또 다른 예에 따라, 단말은 공분산 행렬의 고유벡터 성분 및 고유값의 변화량을 결정할 수 있다. 예를 들어, 특이값 분해를 통해, 공분산 행렬은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0069] [수학식 3]

$$C=V \sum V^H$$

[0071] 상기 수학식 3에서 V 는 고유벡터 성분들을 열 벡터로 가지는 행렬이며 \sum 는 고유값을 대각성분으로 가지는 행렬이다. 일 실시예에 따른 단말은 모든 고유값과 고유벡터 성분들에 대해 채널 정보를 생성할 수 있다. 다른 실시예에 따라, 단말은 특정 기준값 이상의 고유값들과 그 고유값들에 대응되는 고유벡터 성분들을 기초로 채널 정보를 생성할 수도 있다. 여기에서, 채널 정보로 제공될 고유값 및 고유벡터들의 개수를 설정할 수 있는 기준값은 임의로 지정될 수도 있고 채널 제공 방식 설정 시 시그널링으로 전달될 수도 있으며 채널 정보에 포함될 수도 있다.

[0072] 또 다른 예에 따라, 단말은 공분산 행렬의 각 고유벡터에 대해 빔 선형 조합을 취하여 얻을 수 있는 빔 선형 조합 계수 벡터들의 성분과 고유값의 변화량을 결정할 수 있다. 여기에서, 단말은 모든 고유값과 그에 해당하는 고유벡터 성분에 대해 피드백을 수행할 수도 있고 특정 기준값 이상의 고유값과 그에 해당하는 고유벡터에 대해서만 피드백을 수행할 수도 있다. 또한, 전술한 실시예에서와 같이, 채널 정보로 제공될 고유값 및 고유벡터의 개수를 설정할 수 있는 기준값은 임의로 지정될 수도 있고 채널 제공 방식 설정 시 시그널링으로 전달될 수도 있으며 채널 정보에 포함될 수도 있다.

[0073] 450 단계에서, 단말은 기지국에 채널 정보를 송신할 수 있다.

[0074] 460 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 공분산 행렬을 획득할 수 있다. 기지국은 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 성분의 변화량에 관한 정보를 기초로 공분산 행렬을 복원할 수 있다.

[0075] 기지국이 채널 정보를 기초로 공분산 행렬을 획득하는 구체적인 방법에 대해서는, 도 5 내지 도 8을 참조하여 보다 구체적으로 후술하도록 한다.

[0076] 도 5는 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 공분산 행렬 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0077] 510 단계에서, 기지국은 단말에 기준 신호를 송신할 수 있다.

[0078] 520 단계에서, 단말은 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.

[0079] 한편, 510 단계 및 520 단계는 도 4를 참조하여 전술한 420 단계 및 430 단계와 대응될 수 있다. 또한, 본 실시예에서는 기지국과 단말 간에 공분산 행렬 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 것이 기 설정되어 있는 것으로 가정한다.

[0080] 530 단계에서, 단말은 공분산 행렬의 대각 성분의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다. 단말은 공분산 행렬을 획득한 이후에, 실수 값을 가지는 특정 성분으로 공분산 행렬 요소를 분리할 수 있다. 예를 들어, 단말은 실수 성분과 허수 성분, 크기 성분과 위상 성분, 실수 성분과 위상 성분, 또는 그 이외에 실수 값을 가질 수 있는 특정 성분으로 공분산 행렬 요소를 분리할 수 있다.

[0081] 한편, 공분산 행렬의 대각 성분은 실수 값을 가지므로, 단말은 성분 분리를 하지 않고, 대각 성분의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다. 대각 성분의 변화량에 관한 정보에는, 대각 성분 초기값, 인접 성분 간 차이 부호, 인접 성분 간 증가량 근사값 및 인접 성분 간 감소량 근사값이 포함될 수 있다.

[0082] 대각 성분 초기값은 첫번째 대각 성분 값을 의미할 수 있다. 또한, 인접 성분 간 차이 부호 정보는 대각 성분들의 인접 성분 간 차이가 양수인지 음수인지 판단할 수 있는 정보이다. 인접 성분 간 차이 부호 정보는 다음 값에서 이전 값을 빼서 그 부호가 양수이면 1 및 음수이면 0으로 된 비트맵을 통해 생성될 수 있다.

[0083] 또한, 인접 성분 간 증가량 및 감소량의 근사값은, 인접 성분 간 차이 값들을 증가량 및 감소량들로 구분하고, 복수의 증가량 및 감소량들을 1개의 증가량 및 감소량으로 근사한 결과 생성될 수 있다. 증가량 및 감소량 값을

근사하는 방법으로는 선형 회귀 방식과 최소 자승 방식이 포함될 수 있으나, 이는 일 실시예일 뿐, 증가량 및 감소량 값을 근사하는 방법이 전술한 예에 한정되는 것은 아니다.

[0084] 선형 회귀 방식은 증가량과 감소량을 각각 선형적으로 근사하여 각각 1개의 증가량과 감소량으로 표현하는 방법이다. 최소 자승 방식은 채널 정보를 이용하여 획득한 근사된 대각 성분들과 실제 대각 성분들 간의 최소 자승 오차를 최소화하는 증가량과 감소량의 근사값을 구하는 방법이다.

[0085] 전술한 4가지 채널 정보를 단말에서 생성하여 이를 기지국에 제공하고, 기지국에서 채널 정보를 기초로 공분산 행렬을 복원하는 과정은 대각 성분의 생성 방식에서만 아니라, 본 발명에서 성분 분리를 통해 실수 값으로 표현되는 모든 실수 벡터들에 대한 채널 정보 생성 및 복원 과정에 대해 적용될 수 있다. 하기에 설명될 각 방식 별 채널 정보 생성 및 복원 과정에서 상기의 4가지 채널 정보 생성 및 복원 과정을 기본적으로 사용하고, 각 방식에서의 각 과정 별 구체적인 차이점은 하기에 후술하도록 한다.

[0086] 540 단계에서, 단말은 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다. 단말은 공분산 행렬의 상삼각행렬 또는 하삼각행렬은 복소수 값을 가지므로 성분 분리를 수행할 수 있다. 예를 들어, 단말은 실수 성분/허수 성분, 크기 성분/위상 성분, 실수 성분/위상 성분, 또는 그 이외에 실수 값을 가질 수 있는 특정 성분으로 상삼각행렬 또는 하삼각행렬을 분리할 수 있다.

[0087] 상삼각행렬 성분에 대한 채널 정보를 생성하는 경우, 상삼각행렬의 각 행 별로 대각 성분에 대한 채널 정보 생

성 방식이 적용될 수 있다. 예를 들어, 공분산 행렬의 차원이 $M_T \times M_T$ 인 경우, 총 M_T 개의 행에 대해 채널 정보가 생성될 수 있다. 이 때, 전술한 4가지 채널 정보 중 초기값을 제외한, 인접 성분 간 차이 부호, 인접 성분 간 증가량 근사값 및 인접 성분 간 감소량 근사값의 정보들만이 채널 정보로 생성될 수 있다. 초기값으로는 상삼각행렬의 각 행 별로 대응되는 대각 성분이 이용될 수 있다.

[0088] 상삼각행렬을 크기/위상 성분으로 분리하는 경우에 인접 성분 간 차이 부호 정보 생성 시, 크기 성분에 대해서 각 행 별로 대각 성분과 그 인접 성분 간의 차이는 음수이므로 채널 정보 생성 시 부호 정보를 제외할 수 있다. 여기에서, 공분산 행렬의 각 행에서 가장 큰 크기를 가지는 성분이 대각 성분이므로 대각 성분과 그 인접 성분 간의 차이는 음수일 수 있다.

[0089] 상삼각행렬 채널 정보 생성 시, 선택적인 동작으로서 대각 성분의 크기 순서대로 공분산 행렬의 행과 열을 치환한 후 얻을 수 있는 상삼각행렬에 대해 채널 정보를 생성하는 방식이 적용될 수 있다. 대각 성분의 크기에 따라, 공분산 행렬의 행과 열이 치환되는 경우, 대각 성분이 크기 순서대로 정렬된 공분산 행렬이 획득될 수 있다. 치환된 공분산 행렬은 치환하기 전의 공분산 행렬에 비해 인접 성분 간 차이 부호가 양수로 결정되는 경우가 줄어들 수 있다. 따라서 특정 행은 인접 성분 간 차이 부호가 모두 음수가 나오는 경우도 발생하며, 해당 행에서는 인접 성분 간 증가량의 근사값을 제공하지 않아도 되므로 채널 정보 제공으로 인한 오버헤드를 줄일 수 있다.

[0090] 전술한 과정을 통해 단말에서 기지국으로 제공될 채널 정보는 하기의 표 1과 같이 정리될 수 있다.

표 1

[0091] 공분산 행렬의 성분의 변화량에 기초한 채널 정보

대각 성분 채널 정보	1)대각 성분 초기값 2)인접 성분 간 차이 부호 3)인접 성분 간 증가량 근사값 4)인접 성분 간 감소량 근사값
상삼각행렬 채널 정보 (상삼각행렬의 각 성분 별, 각 행 별 제공)	1)인접 성분 간 차이 부호 2)인접 성분 간 증가량 근사값 3)인접 성분 간 감소량 근사값
기타 채널 정보 (채널 정보 설정 사항 중 변경 가능한 설정 사항에 대한 정보 전달)	1)분리 성분 종류 2)상삼각행렬 또는 하삼각행렬 선택 3)선형 회귀 방식 또는 최소 자승 방식 선택 4)치환 방식 사용 여부

- [0092] 대각 성분 채널 정보에는 전술한 바와 같이 대각 성분 초기값, 인접 성분 간 차이 부호, 인접 성분 간 증가량 및 감소량의 근사값이 포함될 수 있다. 상삼각행렬 채널 정보에는 상삼각행렬의 각 행 별로 인접 성분 간 차이 부호, 인접 성분 간 증가량 및 감소량의 근사값이 포함될 수 있다. 기타 채널 정보로는 공분산 행렬 채널 정보 설정 시 변경 가능한 설정 사항이 포함될 수 있고, 변경 가능한 설정 사항으로는 분리 성분 종류, 상삼각행렬 또는 하삼각행렬 선택, 선형 회귀 방식 또는 최소 자승 방식 선택, 치환 방식 사용 여부 등이 포함될 수 있다.
- [0093] 550 단계에서, 단말은 기지국에 전술한 530 단계 및 540 단계에서 생성된 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 송신할 수 있다.
- [0094] 560 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 대각 성분을 결정할 수 있다.
- [0095] 일 실시예에 따른 기지국은, 채널 정보가 수신됨에 따라 대각 성분의 복원을 우선적으로 수행할 수 있다. 기지국은 대각 성분의 초기값을 기준으로 인접 성분 간 차이 부호 정보를 기초로 차이 부호가 양수이면 증가량을 더하고, 음수이면 감소량을 더하여, 대각 성분을 복원할 수 있다.
- [0096] 570 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정할 수 있다.
- [0097] 일 실시예에 따른 기지국은, 대각 성분에 대한 복원이 완료됨에 따라, 상삼각행렬 성분에 대한 복원을 수행할 수 있다. 상삼각행렬 성분에 대한 복원은 상삼각행렬의 각 행 별로 수행되며, 복원된 대각 성분이 각 행에서의 초기값이 될 수 있다. 기지국은 상삼각행렬의 각 행 별로 대각 성분을 초기값으로 하여 인접 성분 간 차이 부호 정보를 기초로 차이 부호가 양수이면 증가량을 더하고, 음수이면 감소량을 더하여, 상삼각행렬을 복원할 수 있다. 상삼각행렬의 각 성분은 복소수 값을 가지므로, 기지국은 실수값을 가지도록 분리된 각 분리 성분에 대해 복원을 수행할 수 있다.
- [0098] 치환 방식이 사용된 경우, 기지국은 대각 성분을 복원한 이후에, 복원된 대각 성분을 크기 순서대로 정렬하고, 상삼각행렬을 복원한 이후에, 대각 성분의 원 정렬 순서로 상삼각행렬을 역치환하여 원 정렬 순서의 상삼각행렬을 복원할 수 있다.
- [0099] 또한, 기지국은 상삼각행렬의 각 성분 별로 복원이 완료되면, 분리했던 상삼각행렬의 각 성분을 결합할 수 있다. 기지국은 상삼각행렬에 대해 결레복소수값을 취하여 하삼각행렬을 복원할 수 있다.
- [0100] 580 단계에서, 기지국은 대각 성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합하여 근사적인 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0101] 도 6은 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0102] 610 단계에서, 기지국은 단말에 기준 신호를 송신할 수 있다.
- [0103] 620 단계에서, 단말은 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0104] 한편, 610 단계 및 620 단계는 도 4를 참조하여 전술한 420 단계 및 430 단계와 대응될 수 있다. 또한, 본 실시예에서는 기지국과 단말 간에 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 것이 기 설정되어 있는 것으로 가정한다.
- [0105] 630 단계에서, 단말은 빔 그룹 행렬 및 공분산 행렬에 기초하여 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 생성할 수 있다.
- [0106] 일 실시예에 따른 단말은 공분산 행렬을 추정한 이후에, 전술한 수학적 식 2와 같이 빔 그룹 행렬을 공분산 행렬의 좌우에 곱할 수 있다. 단말은 기지국으로부터 단말에 송신된 빔 그룹의 채널에 대한 공분산 행렬을 생성하기 위해, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 생성할 수 있다. 다만, 이는 일 실시예일 뿐, 단말은 빔 그룹 행렬과 공분산 행렬을 곱하는 것 이외에 다른 연산을 통해 기지국으로부터 단말에 송신된 빔 그룹의 채널에 대한 공분산 행렬을 생성할 수 있다.
- [0107] 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 빔에 대해 실수 값을 가지는 특정 성분으로 분리할 수 있다. 예를 들어 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 실수/허수 성분, 크기/위상 성분, 실수/위상 성분, 또는 그 이외에 실수 값을 가질 수 있는 특정 성분으로 분리할 수 있다. 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬은 공분산 행렬과 같이 대각 성분은 실수 값을 가지므로, 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분에 대해서는 성분 분리를 수행 하지 않을 수 있다.

- [0108] 한편, 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 또는 하삼각행렬은 복소수 값을 가지므로, 단말은 상삼각행렬 또는 하삼각행렬에 성분 분리를 수행할 수 있다.
- [0109] 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 성분에 대한 변화량을 채널 정보로서 제공하는 경우, 단말은 공분산 행렬의 성분에 대한 변화량을 채널 정보로서 제공하는 방식과는 달리 최대 빔 지시자를 통한 정규화를 수행할 수 있다. 최대 빔은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬에서, 대각 성분의 크기가 가장 큰 빔을 의미할 수 있다. 최대 빔 지시자를 이용한 정규화 동작이 수행되는 경우, 단말은 빔 그룹 행렬에서 최대 빔의 위치를 가장 왼쪽에 배치하여 최초 대각 성분의 크기 값이 가장 크게 되도록 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬을 치환할 수 있다. 최대 빔 지시자를 이용한 정규화 동작이 수행되는 경우, 단말은 최대 빔의 각 성분으로 빔 그룹 행렬의 공분산 행렬의 각 성분들을 정규화한 후 채널 정보 생성 과정을 수행할 수 있다. 이 때, 최대 빔 지시자 및 최대 빔의 각 성분 값이 채널 정보에 포함될 수 있다.
- [0110] 640 단계에서, 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬에 대해 대각 성분의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다.
- [0111] 일 실시예에 따른 단말이 최대 빔 지시자를 통한 정규화 동작을 수행하는 경우, 대각 성분은 0과 1 사이의 값을 가질 수 있다. 단말은 정규화된 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 최초 대각 성분이 가장 큰 값을 가지도록 치환 동작을 수행할 수 있다. 단말은 가장 큰 값을 갖는 대각 성분으로 정규화를 수행할 수 있다. 이에 따라, 대각 성분의 초기값이 1이 되므로 전술한 4가지 대각 성분에 대한 채널 정보들 중 대각 성분 초기값은 채널 정보에서 제외될 수 있다. 다만, 전술한 바와 같이 최대 빔의 각 성분 값이 채널 정보로 추가될 수 있다. 초기값을 제외한 채널 정보는 도 5를 참조하여 전술한 공분산 행렬 성분의 변화량에 기초한 채널 정보 제공 방식의 정보와 동일하게 생성될 수 있다.
- [0112] 한편, 최대 빔 지시자를 통한 정규화 동작이 수행되지 않은 경우에는, 단말은 도 5를 참조하여 전술한 대각 성분의 채널 정보 생성 방식과 동일하게 총 4가지의 대각 성분에 대한 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0113] 650 단계에서, 단말은 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다. 본 실시예에 따른 상삼각행렬 채널 정보 생성 방식은 최대 빔 지시자를 통한 정규화 동작과 무관하게 도 5를 참조하여 전술한 상삼각행렬 채널 정보 생성 방식과 대응될 수 있다.
- [0114] 660 단계에서, 단말은 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 기지국에 송신할 수 있다.
- [0115] 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 제공될 채널 정보는 하기 표 2와 같이 정리될 수 있다.

표 2

[0116] 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 성분의 변화량에 기초한 채널 정보

대각 성분 채널 정보	1) 대각 성분 초기값 (최대 빔 지시자 사용 시 제외) 2)인접 성분 간 차이 부호 3)인접 성분 간 증가량 근사값 4)인접 성분 간 감소량 근사값
상삼각행렬 채널 정보 (상삼각행렬의 각 성분 별, 각 행 별 제공)	1)인접 성분 간 차이 부호 2)인접 성분 간 증가량 근사값 3)인접 성분 간 감소량 근사값
기타 채널 정보 (채널 정보 설정 사항 중 변경 가능한 설정 사항에 대한 정보 전달)	1)분리 성분 종류 2)상삼각행렬 또는 하삼각행렬 선택 3)선형 회귀 방식 또는 최소 자승 방식 선택 4)치환 방식 사용 여부 5)최대 빔 지시자 사용 여부

- [0117] 670 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분을 결정할 수 있다.
- [0118] 일 실시예에 따른 기지국은 단말로부터 채널 정보가 수신됨에 따라, 채널 정보를 기초로 대각 성분의 복원을 수행할 수 있다. 기지국이 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 대각 성분을 복원하는 방식은 도 5의 560 단계를

참조하여 설명한 대각 성분 복원 방식과 대응될 수 있다.

- [0119] 680 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정할 수 있다.
- [0120] 일 실시예에 따른 기지국은 대각 성분에 대한 복원이 완료됨에 따라, 상삼각행렬 성분에 대한 복원을 수행할 수 있다. 상삼각행렬 성분에 대한 복원은 상삼각행렬의 각 행 별로 수행되며, 도 5를 참조하여 기술한 상삼각행렬 성분 복원 방식과 동일하게 수행될 수 있다.
- [0121] 690 단계에서, 기지국은 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0122] 일 실시예에 따른 기지국은 최대 빔 지시자를 통한 정규화 동작을 수행하지 않는 경우, 상삼각행렬의 각 성분 별로 복원이 완료됨에 따라, 분리된 상삼각행렬의 각 성분을 결합할 수 있다. 다른 실시예에 따른 기지국은 최대 빔 지시자를 통한 정규화 동작을 수행하는 경우, 분리했던 각 성분 별로 최대 빔의 값을 이용하여 정규화를 해제할 수 있다.
- [0123] 기지국은 복원된 상삼각행렬에 대해 켈레복소수값을 취하여 하삼각행렬을 획득할 수 있다. 단말은 대각 성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합하여 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬의 근사값을 복원할 수 있다. 또한, 기지국은 복원된 빔 그룹 행렬이 곱해진 공분산 행렬에 다시 빔 그룹 행렬을 곱하여, 공분산 행렬을 복원할 수 있다. 여기에서, 단말로부터 수신된 인접 성분 간의 변화량이 근사화될 수 있음에 따라, 복원된 공분산 행렬은 단말에서 추정된 공분산 행렬에 근사한 값을 가질 수 있다.
- [0124] 도 7은 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0125] 710 단계에서, 기지국은 단말에 기준 신호를 송신할 수 있다.
- [0126] 720 단계에서, 단말은 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.
- [0127] 한편, 710 단계 및 720 단계는 도 4를 참조하여 기술한 420 단계 및 430 단계와 대응될 수 있다. 또한, 본 실시예에서는 기지국과 단말 간에 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 것이 기 설정되어 있는 것으로 가정한다.
- [0128] 730 단계에서, 단말은 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 성분을 획득할 수 있다.
- [0129] 일 실시예에 따른 단말은 공분산 행렬이 추정됨에 따라, 기술한 수학식 3에 기초하여 특이값 분해를 수행함으로써 고유값과 고유벡터를 획득할 수 있다. 단말은 모든 고유값과 그에 대응하는 고유벡터에 대해 채널 정보를 생성할 수도 있고, 특정 기준값 이상의 고유값과 그에 대응하는 고유벡터에 대해서만 채널 정보를 생성할 수도 있다. 따라서 기준값에 따라, 채널 정보 대상이 되는 고유값과 고유벡터가 결정될 수 있다. 예를 들어, 기준값이 0인 경우, 단말은 모든 고유값과 고유벡터에 대해 채널 정보를 생성하고, 기준값이 0 이상의 실수인 경우, 단말은 해당 기준값 이상의 고유값과 그에 대응하는 고유벡터에 대해 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0130] 또한, 단말은 채널 정보를 생성할 고유값과 고유벡터가 결정됨에 따라, 결정된 고유벡터를 실수/허수 성분, 크기/위상 성분, 실수/위상 성분, 또는 그 이외에 실수 값을 가질 수 있는 특정 성분으로 분리할 수 있다. 단말은 고유값이 실수 값을 가짐에 따라 고유값에 대한 성분 분리를 수행하지 않을 수 있다.
- [0131] 740 단계에서, 단말은 고유값 및 고유벡터 성분 각각의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다.
- [0132] 일 실시예에 따른 고유값에 대한 채널 정보 생성 방법으로는 도 5를 참조하여 기술한 대각 성분의 채널 정보 생성 방식이 동일하게 적용될 수 있다. 이에 따라, 단말은 고유값의 초기값, 인접 성분 간 차이 부호, 인접 성분 간 증가량 근사값 및 인접 성분 간 감소량 근사값을 포함하는 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0133] 고유벡터에 대한 채널 정보는 각 고유벡터 별로, 분리된 각 성분에 따라 생성될 수 있다. 또한, 고유벡터 성분에 대한 채널 정보는, 고유값과 마찬가지로 도 5를 참조하여 기술한 대각 성분의 채널 정보 생성 방식이 동일하게 적용될 수 있다. 이에 따라, 단말은 각 고유벡터 별 각 성분 별로 고유벡터 성분 초기값, 인접 성분 간 차이 부호, 인접 성분 간 증가량 근사값 및 인접 성분 간 감소량 근사값을 포함하는 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0134] 750 단계에서, 단말은 기지국에 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 송신할 수 있다.
- [0135] 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 제공될 채널 정보는 하기 표 3과 같이 정리될 수 있다.

표 3

[0136] 공분산 행렬의 고유벡터 성분 및 고유값의 변화량에 기초한 채널 정보

고유값 채널 정보	1)고유값 초기값 2)인접 성분 간 차이 부호 3)인접 성분 간 증가량 근사값 4)인접 성분 간 감소량 근사값
고유벡터 채널 정보 (고유벡터의 각 성분 별 제공)	1)고유벡터 성분 초기값 2)인접 성분 간 차이 부호 3)인접 성분 간 증가량 근사값 4)인접 성분 간 감소량 근사값
기타 채널 정보 (채널 정보 설정 사항 중 변경 가능한 설정 사항에 대한 정보 전달)	1)분리 성분 종류 2)고유값/고유벡터 선택을 위한 기준값 3)선형 회귀 방식 또는 최소 자승 방식 선택

[0137] 760 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 고유값 및 고유벡터 성분을 결정할 수 있다.

[0138] 일 실시예에 따른 기지국은 단말로부터 채널 정보가 수신됨에 따라, 채널 정보를 기초로 대각 성분의 복원을 수행할 수 있다. 기지국이 고유값 및 고유벡터 성분을 복원하는 방식은 도 5를 참조하여 기술한 대각 성분 복원 방식과 동일하게 수행될 수 있다.

[0139] 770 단계에서, 기지국은 공분산 행렬을 획득할 수 있다.

[0140] 일 실시예에 따른 기지국은 고유벡터의 각 성분 별로 복원이 완료됨에 따라, 분리되었던 고유벡터의 성분을 결합함으로써, 고유벡터를 복원할 수 있다. 여기에서, 고유값 및 고유벡터 성분의 인접 성분 간의 변화량이 근사값으로 획득된 경우, 복원된 고유벡터는 단말에서 획득된 고유벡터와 근사한 값을 가질 수 있다. 기지국은 복원된 고유값 및 복원된 고유벡터를 기초로 특이값 분해의 역연산을 수행하여, 공분산 행렬을 복원할 수 있다. 복원된 공분산 행렬은 단말에서 추정된 공분산 행렬과 근사한 값을 가질 수 있다.

[0141] 도 8은 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0142] 810 단계에서, 기지국은 단말에 기준 신호를 송신할 수 있다.

[0143] 820 단계에서, 단말은 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.

[0144] 한편, 810 단계 및 820 단계는 도 4를 참조하여 기술한 420 단계 및 430 단계와 대응될 수 있다. 또한, 본 실시예에서는 기지국과 단말 간에 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분의 변화량이 채널 정보로서 제공되는 것이 기 설정되어 있는 것으로 가정한다.

[0145] 830 단계에서, 단말은 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터 를 획득할 수 있다.

[0146] 일 실시예에 따른 단말은 공분산 행렬이 추정됨에 따라, 기술한 수학식 3에 기초하여 특이값 분해를 수행함으로써 고유값과 고유벡터를 획득할 수 있다. 단말은 모든 고유값과 그에 대응하는 고유벡터에 대해 채널 정보를 생성할 수도 있고, 특정 기준값 이상의 고유값과 그에 대응하는 고유벡터에 대해서만 채널 정보를 생성할 수도 있다. 따라서 기준값에 따라, 채널 정보 대상이 되는 고유값과 고유벡터가 결정될 수 있다.

[0147] 840 단계에서, 단말은 빔 그룹 행렬 및 고유벡터에 기초하여, 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 생성할 수 있다.

[0148] 일 실시예에 따른 단말은 채널 정보를 생성할 고유값 및 고유벡터가 결정됨에 따라, 각 고유벡터 별 빔 선형 조합 계수 벡터를 생성할 수 있다. 빔 선형 조합 계수 벡터는 빔 그룹 내의 빔들을 이용하여 각 고유벡터를 선형

조합으로 표현할 때 각 빔에 대응되는 계수로 이루어진 벡터를 의미한다. k번째 고유벡터 \mathbf{v}_k 의 빔 선형 조합

계수 벡터 \mathbf{c}_k 는 하기 수학식 6에 기초하여 결정될 수 있다.

[0149] 850 단계에서, 단말은 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 각각의 변화량에 관한 정보를 생성할 수 있다.

[0150] [수학식 6]

$$\mathbf{c}_k = (\mathbf{U}^H \mathbf{U})^{-1} \mathbf{U}^H \mathbf{v}_k$$

[0151]

[0152] 상기 수학식 6를 통해 생성된 각 고유벡터 별 빔 선형 조합 계수 벡터는 복소수 값으로 구성됨에 따라, 단말은 빔 선형 조합 계수 벡터를 실수 값을 가지는 특정 성분들로 분리할 수 있다.

[0153] 단말은 각 고유벡터 별 빔 선형 조합 계수 벡터 생성 및 성분 분리 후 획득된 빔 선형 조합 계수를 구성하는 성분 및 고유값에 대해, 인접 성분 간의 변화량에 대한 채널 정보를 생성할 수 있다. 고유벡터의 빔 선형 조합 계수를 구성하는 성분 및 고유값에 대한 채널 정보 생성은 도 7을 참조하여 전술한 고유값 및 고유벡터 성분의 채널 정보 생성 방식과 동일하게 수행될 수 있다.

[0154] 860 단계에서, 단말은 기지국에 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 송신할 수 있다.

[0155] 일 실시예에 따른 단말로부터 기지국에 제공될 채널 정보는 하기 표 4와 같이 정리할 수 있다.

표 4

[0156] 공분산 행렬의 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 성분과 고유값의 변화량에 기초한 채널 정보

고유값 채널 정보	1)고유값 초기값 2)인접 성분 간 차이 부호 3)인접 성분 간 증가량 근사값 4)인접 성분 간 감소량 근사값
고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 채널 정보(고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터의 각 성분 별 제공)	1)빔 선형 조합 계수 성분 초기값 2)인접 성분 간 차이 부호 3)인접 성분 간 증가량 근사값 4)인접 성분 간 감소량 근사값
기타 채널 정보 (채널 정보 설정 사항 중 변경 가능한 설정 사항에 대한 정보 전달)	1)분리 성분 종류 2)고유값/고유벡터 선택을 위한 기준값 3)선형 회귀 방식 또는 최소 자승 방식 선택

[0157] 870 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 고유값을 결정할 수 있다.

[0158] 기지국은 단말로부터 채널 정보가 수신됨에 따라, 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 및 고유값 각각의 인접 성분 간의 변화량을 기초로 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 고유값을 결정할 수 있다. 기지국이 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터 및 고유값을 복원하는 방식은 도 5를 참조하여 전술한 대각 성분 복원 방식과 동일하게 수행될 수 있다.

[0159] 880 단계에서, 기지국은 공분산 행렬을 획득할 수 있다.

[0160] 기지국은 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터가 복원됨에 따라, 빔 그룹 행렬을 기초로 공분산 행렬의 고유벡터를 복원할 수 있다. 기지국은 복원된 공분산 행렬의 고유벡터와 고유값으로부터 공분산 행렬을 복원할 수 있다. 여기에서, 고유값 및 고유벡터의 빔 선형 조합 계수 벡터를 구성하는 성분 각각의 인접 성분 간 변화량이 근사값으로 획득된 경우, 복원된 고유벡터, 고유값 및 공분산 행렬은 단말에서 획득된 값과 근사한 값을 가질 수 있다.

[0161] 도 9는 일 실시예에 따른 단말이 공분산 행렬의 인접 성분간의 변화량에 대한 근사값을 채널 정보로서 제공하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0162] 910 단계에서, 단말은 기지국으로부터 수신된 기준 신호를 기초로 채널 상태를 나타내는 공분산 행렬을 획득할 수 있다.

[0163] 본 실시예에서는 송신 안테나의 개수가 8개인 기지국과 단말 간의 공분산 행렬 \mathbf{C} 를 획득하는 것으로 가정한다. 수학식 7은 본 실시예에서 사용할 기지국과 단말 간 공분산 행렬 \mathbf{C} 를 실수 성분 및 허수 성분으로 나누어서 표현한 예시를 나타낸다.

[0164] [수학식 7]

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1.1358 & -0.1149 & -0.3454 & -0.7226 & -0.6417 & 0.4537 & 0.4648 & 0.2510 \\ -0.1149 & 1.1495 & 0.7173 & -0.3409 & -0.2707 & -0.6374 & -0.1966 & 0.4390 \\ -0.3454 & 0.7173 & 1.0850 & -0.0968 & -0.3138 & -0.6540 & -0.5938 & 0.4007 \\ -0.7226 & -0.3409 & -0.0968 & 1.0752 & 0.6264 & -0.3053 & -0.1938 & -0.6034 \\ -0.6417 & -0.2707 & -0.3138 & 0.6264 & 1.0209 & -0.1063 & -0.3059 & -0.5771 \\ 0.4537 & -0.6374 & -0.6540 & -0.3053 & -0.1063 & 0.9994 & 0.5558 & -0.2689 \\ 0.4648 & -0.1966 & -0.5938 & -0.1938 & -0.3059 & 0.5558 & 0.9840 & -0.1350 \\ 0.2510 & 0.4390 & 0.4007 & -0.6034 & -0.5771 & -0.2689 & -0.1350 & 0.9881 \end{bmatrix} + j \begin{bmatrix} 0 & 0.8417 & 0.9811 & -0.3582 & -0.5012 & -0.4778 & -0.2987 & 0.4136 \\ -0.8417 & 0 & 0.1555 & 0.9828 & 0.4460 & -0.4934 & -0.2252 & -0.3222 \\ -0.9811 & -0.1555 & 0 & 0.7795 & 0.9223 & -0.3124 & -0.4666 & -0.4317 \\ 0.3582 & -0.9828 & -0.7795 & 0 & 0.1194 & 0.9070 & 0.3807 & -0.4235 \\ 0.5012 & -0.4460 & -0.9223 & -0.1194 & 0 & 0.6798 & 0.8731 & -0.3053 \\ 0.4778 & 0.4934 & 0.3124 & -0.9070 & -0.6798 & 0 & 0.0680 & 0.8686 \\ 0.2987 & 0.2252 & 0.4666 & -0.3807 & -0.8731 & -0.0680 & 0 & 0.6297 \\ -0.4136 & 0.3222 & 0.4317 & 0.4235 & 0.3053 & -0.8686 & -0.6297 & 0 \end{bmatrix}$$

[0165]

[0166] 또한, 본 실시예에서는 도 5를 참조하여 전술한 실시예에 따른 채널 정보 생성 방식을 이용하며, 성분 분리 종류로서 크기/위상 성분을 이용하고, 인접 성분 간 증가량 및 감소량의 근사 방식은 선형 회귀 방식을 이용하며, 대각 성분의 크기 순서대로 행과 열을 치환하는 방식을 이용하는 것으로 가정한다.

[0167] 920 단계에서, 단말은 공분산 행렬의 인접한 대각 성분 간의 변화량에 관한 부호를 결정할 수 있다.

[0168] 본 실시예에 따른 공분산 행렬의 대각 성분 \mathbf{C}_d 는 하기 수학식 8과 같다.

[0169] [수학식 8]

$$\mathbf{C}_d = \begin{bmatrix} 1.1358 \\ 1.1495 \\ 1.0850 \\ 1.0752 \\ 1.0209 \\ 0.9994 \\ 0.9840 \\ 0.9881 \end{bmatrix}$$

[0170]

[0171] 또한, 대각 성분 \mathbf{C}_d 의 인접 성분 간 차이 부호 \mathbf{s}_d 는 하기 수학식 9와 같이 나타낼 수 있고, 이는 인접 성분 간 차이 부호가 양수이면 1, 음수이면 0으로 표현하는 비트맵 \mathbf{b}_d 로서 하기 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

[0172] [수학식 9]

[0173] $\mathbf{s}_d = [+1, -1, -1, -1, -1, -1, +1]$

- [0174] [수학식 10]
- [0175] $\mathbf{b}_d = [1, 0, 0, 0, 0, 0, 1]$
- [0176] 930 단계에서, 단말은 인접한 대각 성분 간의 변화량의 근사값을 획득할 수 있다.
- [0177] 일 실시예에 따른 단말은 대각 성분의 인접 성분 간 증가량 및 감소량의 근사값을 구하기 위해, 인접 성분 간 변화량을 다음과 같이 증가량과 감소량으로 구분할 수 있다.
- [0178] 증가량 : $[0.0137, 0.0041]$
- [0179] 감소량: $[-0.0645, -0.0743, -0.1286, -0.1501, -0.1655]$
- [0180] 일 실시예에 따른 단말이 선형 회귀 방식을 이용하여 증가량의 근사값을 구하는 방식은 도 11을 참조하여 설명하도록 한다.
- [0181] 도 11은 본 실시예에 따른 단말이 선형 회귀 방식을 이용하여, 변화량의 근사값을 결정하는 방식을 설명하기 위한 그래프이다.
- [0182] 도 11을 참조하면, 단말은 대각 성분의 증가량을 x좌표 $[1, 2]$ 로 설정하고, y좌표를 증가량 누적값(1110)으로 설정하여, 선형 회귀를 기반으로 1차 함수를 표현할 수 있다. 단말은 1차 함수의 기울기를 증가량의 근사값(1130)으로 획득할 수 있다. 단말은 전술한 증가량의 근사값 획득 방법과 동일한 방법으로 감소량의 근사값(1140)을 획득할 수 있다.
- [0183] 한편, 본 실시예에서 도 11에 도시된 그래프의 x축은 인접 성분 간의 변화량을 특정하기 위한 변화량 인덱스 및 y축은 변화량 누적값을 나타내는 것으로 가정한다. 도 11에 도시된 바와 같이, 선형 회귀를 이용한 결과 증가량 및 감소량 각각에 대한 1차 함수가 표현되는 것을 확인할 수 있다.
- [0184] 여기서, 증가량의 근사값 $c_d^{(+)}$ 및 감소량의 근사값 $c_d^{(-)}$ 은 하기 수학식 11로서 나타낼 수 있다.
- [0185] [수학식 11]
- $$c_d^{(+)} = 0.0089, c_d^{(-)} = -0.0331$$
- [0186]
- [0187] 전술한 바와 같이, 일 실시예에 따른 대각 성분에 대한 채널 정보는 수학식 8에 따른 대각 성분 초기값, 수학식 10에 따른 인접 성분 간 차이 부호 정보 및 수학식 11에 따른 인접 성분 간 증가량 및 감소량 근사값을 포함할 수 있다.
- [0188] 940 단계에서, 단말은 대각 성분의 크기에 따라 공분산 행렬의 성분을 치환할 수 있다. 예를 들어, 단말은 상삼각행렬의 각 성분에 대한 채널 정보를 생성하기 전에, 대각 성분의 크기 순서대로 공분산 행렬의 행과 열을 치환할 수 있다. 치환 후 공분산 행렬은 다음의 수학식 12와 같이 나타낼 수 있다.

[0189] [수학식 12]

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1.1495 & -0.1149 & 0.7173 & -0.3409 & -0.2707 & -0.6374 & 0.4390 & -0.1966 \\ -0.1149 & 1.1358 & -0.3454 & -0.7226 & -0.6417 & 0.4537 & 0.2510 & 0.4648 \\ 0.7173 & -0.3454 & 1.0850 & -0.0968 & -0.3138 & -0.6540 & 0.4007 & -0.5938 \\ -0.3409 & -0.7226 & -0.0968 & 1.0752 & 0.6264 & -0.3053 & -0.6034 & -0.1938 \\ -0.2707 & -0.6417 & -0.3138 & 0.6264 & 1.0209 & -0.1063 & -0.5771 & -0.3059 \\ -0.6374 & 0.4537 & -0.6540 & -0.3053 & -0.1063 & 0.9994 & -0.2689 & 0.5558 \\ 0.4390 & 0.2510 & 0.4007 & -0.6034 & -0.5771 & -0.2689 & 0.9881 & -0.1350 \\ -0.1966 & 0.4648 & -0.5938 & -0.1938 & -0.3059 & 0.5558 & -0.1350 & 0.9840 \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 & -0.8417 & 0.1555 & 0.9828 & 0.4460 & -0.4934 & -0.3222 & 0.2252 \\ 0.8417 & 0 & 0.9811 & -0.3582 & -0.5012 & -0.4778 & 0.4136 & -0.2987 \\ -0.1555 & -0.9811 & 0 & 0.7795 & 0.9223 & -0.3124 & -0.4317 & -0.4666 \\ 0.9828 & 0.3582 & -0.7795 & 0 & 0.1194 & 0.9070 & -0.4235 & 0.3807 \\ 0.4460 & 0.5012 & -0.9223 & -0.1194 & 0 & 0.6798 & -0.3053 & 0.8731 \\ -0.4934 & 0.4778 & 0.3124 & -0.9070 & -0.6798 & 0 & 0.8686 & 0.0680 \\ -0.3222 & 0.4136 & 0.4317 & 0.4235 & 0.3053 & -0.8686 & 0 & -0.6297 \\ 0.2252 & -0.2987 & 0.4666 & -0.3807 & -0.8731 & -0.0680 & 0.6297 & 0 \end{bmatrix}$$

[0190]

[0191] 상기 수학식 12에서, 치환에 따라 대각 성분이 크기 순서대로 정렬됨을 확인할 수 있다.

[0192] 950 단계에서, 단말은 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나를 성분의 종류에 따라 분리할 수 있다. 예를

들어, 단말은 상삼각행렬을 크기 성분 및 위상 성분으로 분리할 수 있다. 상삼각행렬의 크기 성분 $\mathbf{C}_{u,amp}$ 및 위상 성분 $\mathbf{C}_{u,phs}$ 은 다음식 수학식 13 및 수학식 14에 기초하여 표현될 수 있다.

[0193] [수학식 13]

$$\mathbf{C}_{u,amp} = \begin{bmatrix} 0.8495 & 0.7340 & 1.0402 & 0.5217 & 0.8061 & 0.5445 & 0.2989 \\ 0 & 1.0401 & 0.8065 & 0.8142 & 0.6589 & 0.4838 & 0.5525 \\ 0 & 0 & 0.7855 & 0.9742 & 0.7248 & 0.5890 & 0.7552 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6377 & 0.9570 & 0.7372 & 0.4272 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6881 & 0.6529 & 0.9521 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9093 & 0.5599 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6440 \end{bmatrix}$$

[0194]

[0195] [수학식 14]

$$\mathbf{C}_{u,phs} = \begin{bmatrix} 1.4351 & 3.3551 & 5.0463 & 5.2579 & 0.6587 & 2.5084 & 0.8531 \\ 0 & 5.0509 & 0.4602 & 0.6631 & 2.3303 & 4.1669 & 2.5704 \\ 0 & 0 & 4.8359 & 5.0403 & 0.4456 & 2.3190 & 0.6660 \\ 0 & 0 & 0 & 3.3299 & 5.0371 & 0.6120 & 5.1833 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4.8675 & 0.4866 & 5.0494 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.0126 & 3.2633 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3596 \end{bmatrix}$$

[0196]

[0197] 960 단계에서, 단말은 분리된 성분에 대해 행 별로 인접 성분 간의 변화량에 관한 부호를 결정할 수 있다.

[0198] 일 실시예에 따른 단말은 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분에 대해 각 행 별로 채널 정보를 생성할 수 있다. 수학식 13 및 수학식 14에서 나타난 바와 같이, 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분은 각각 총 7행을 가지며, 초기값은 각 행에 대응되는 대각 성분 값으로 설정될 수 있다. 또한 상기와 같이, 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분의 각 행에서 대각 성분이 가장 큰 값을 가지므로, 대각 성분과 바로 인접한 성분 간의 차이

부호는 채널 정보에서 제외할 수 있다.

[0199] 또한 7행은 상삼각행렬의 각 성분 값이 1개이므로, 단말은 7행에 대한 인접 성분 간 차이 부호 정보를 생성하지 않을 수 있다. 따라서 7행을 제외한 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분 각각에 대해, 총 6행에 대한 인접 성분 간 차이 부호와 비트맵이 생성될 수 있다. 인접 성분 간 차이 부호와 비트맵은 하기의 표 5과 같이 나타낼 수 있다.

표 5

[0200] 상삼각행렬의 크기 및 위상 성분의 각 행에 대한 인접 성분 간 차이 부호 및 비트맵 표현 정리

성분 종류	인접 성분 간 차이 부호	차이 부호의 비트맵
크기 성분	$s_{u,amp,1} = [-1, +1, -1, +1, -1, -1]$ $s_{u,amp,2} = [-1, +1, -1, -1, +1]$ $s_{u,amp,3} = [+1, -1, -1, +1]$ $s_{u,amp,4} = [+1, -1, -1]$ $s_{u,amp,5} = [-1, +1]$ $s_{u,amp,6} = [-1]$	$b_{u,amp,1} = [0, 1, 0, 1, 0, 0]$ $b_{u,amp,2} = [0, 1, 0, 0, 1]$ $b_{u,amp,3} = [1, 0, 0, 1]$ $b_{u,amp,4} = [1, 0, 0]$ $b_{u,amp,5} = [0, 1]$ $b_{u,amp,6} = [0]$
위상 성분	$s_{u,phs,1} = [+1, +1, +1, -1, +1, -1]$ $s_{u,phs,2} = [-1, +1, +1, +1, -1]$ $s_{u,phs,3} = [+1, -1, +1, -1]$ $s_{u,phs,4} = [+1, -1, +1]$ $s_{u,phs,5} = [-1, +1]$ $s_{u,phs,6} = [-1]$	$b_{u,phs,1} = [1, 1, 1, 0, 1, 0]$ $b_{u,phs,2} = [0, 1, 1, 1, 0]$ $b_{u,phs,3} = [1, 0, 1, 0]$ $b_{u,phs,4} = [1, 0, 1]$ $b_{u,phs,5} = [0, 1]$ $b_{u,phs,6} = [0]$

$$s_{u,amp,k}, b_{u,amp,k}, s_{u,phs,k}, b_{u,phs,k}$$

[0201] 상기의 표 5에서 $s_{u,amp,k}, b_{u,amp,k}, s_{u,phs,k}, b_{u,phs,k}$ 는 각각 상삼각행렬의 크기 성분의 k번째 행의 인접 성분 간 차이 부호 및 비트맵, 위상 성분의 k번째 행의 인접 성분 간 차이 부호 및 비트맵을 의미한다.

[0202] 970 단계에서, 단말은 분리된 성분에 대해, 행 별로 인접한 성분 간의 변화량의 근사값을 획득할 수 있다.

[0203] 예를 들어, 단말에서 전술한 선형 회귀 방식을 이용하여 획득한 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분의 각 행별 증가량 및 감소량의 근사값을 구하면 하기의 표 6과 같이 나타낼 수 있다. 상기의 인접 성분 간 차이 부호 및 비트맵과 다르게, 7행에서도 대각 성분을 기준으로 증가량 및 감소량의 근사값을 계산할 수 있으므로 총 7행에 대한 채널 정보를 생성할 수 있다.

표 6

[0204]

상삼각행렬의 크기 및 위상 성분의 각 행 별 증가량 및 감소량의 근사값 정리

	증가량 근사값	감소량 근사값
크기 성분	$c_{u,amp,1}^{(+)} = 0.2953$	$c_{u,amp,1}^{(-)} = -0.2882$
	$c_{u,amp,2}^{(+)} = 0.0382$	$c_{u,amp,2}^{(-)} = -0.1649$
	$c_{u,amp,3}^{(+)} = 0.1775$	$c_{u,amp,3}^{(-)} = -0.2282$
	$c_{u,amp,4}^{(+)} = 0.3193$	$c_{u,amp,4}^{(-)} = -0.3224$
	$c_{u,amp,5}^{(+)} = 0.2723$	$c_{u,amp,5}^{(-)} = -0.1840$
		$c_{u,amp,6}^{(-)} = -0.2197$
위상 성분	$c_{u,phs,1}^{(+)} = 1.4181$	$c_{u,phs,1}^{(-)} = -3.7009$
	$c_{u,phs,2}^{(+)} = 1.2356$	$c_{u,phs,2}^{(-)} = -2.4732$
	$c_{u,phs,3}^{(+)} = 1.0389$	$c_{u,phs,3}^{(-)} = -2.5650$
	$c_{u,phs,4}^{(+)} = 3.1392$	$c_{u,phs,4}^{(-)} = -3.6892$
	$c_{u,phs,5}^{(+)} = 4.5628$	$c_{u,phs,5}^{(-)} = -1.5099$
		$c_{u,phs,6}^{(-)} = -4.9236$

[0205]

인접 성분 간 차이 부호가 양수 또는 음수만 존재하는 경우, 단말은 증가량 또는 감소량의 근사값만 채널 정보로 제공될 수 있다. 예를 들어, 표 7을 참고하면, 6행의 크기 성분과 위상 성분에 대해서는, 감소량의 근사값만이 생성됨을 확인할 수 있다.

[0206]

일 실시예에 따른 상삼각행렬에 대한 채널 정보는 상기 표 6의 각 성분 별 각 행의 차이 부호 비트맵, 표 6의 각 성분 별 각 행의 증가량 및 감소량의 근사값을 포함할 수 있다.

[0207]

980 단계에서, 단말은 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 송신할 수 있다. 단말은 대각 성분에 대한 채널 정보 및 상삼각행렬에 대한 채널 정보를 기지국에 송신할 수 있다.

[0208]

도 10은 본 실시예에 따른 기지국이 채널 정보로부터 공분산 행렬을 획득하는 방법을 보다 구체적으로 설명하기 위한 흐름도이다.

[0209]

1010 단계에서, 기지국은 단말로부터 채널 정보를 수신할 수 있다.

[0210]

1020 단계에서, 기지국은 채널 정보를 기초로 대각 성분을 결정할 수 있다.

[0211]

일 실시예에 따른 기지국은 채널 정보로부터 대각 성분의 복원을 우선적으로 수행할 수 있다. 기지국은 대각 성분의 초기값을 기준으로 인접 성분 간 차이 부호 정보를 확인하면서 차이 부호가 양수이면 인접 성분 간 증가량의 근사값을 더하고, 차이 부호가 음수이면 인접 성분 간 감소량의 근사값을 더하는 방식으로 대각 성분을 복원할 수 있다. 전술한 방식대로 복원된 대각 성분 $\hat{\mathbf{C}}^d$ 은 하기 수학식 15와 같이 나타낼 수 있다.

[0212] [수학식 15]

$$\hat{\mathbf{C}}_d = \begin{bmatrix} 1.1358 \\ 1.1447 \\ 1.1116 \\ 1.0785 \\ 1.0454 \\ 1.0123 \\ 0.9792 \\ 0.9881 \end{bmatrix}$$

[0213]

[0214] 1030 단계에서, 기지국은 대각 성분을 크기에 따라 정렬할 수 있다.

[0215] 1040 단계에서, 기지국은 정렬된 대각 성분 및 채널 정보에 포함된 상삼각행렬 및 하삼각행렬 중 적어도 하나의 변화량을 기초로 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정할 수 있다.

[0216] 기지국이 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결정하는 방법은 도 5를 참조하여 전술한 방법과 대응될 수 있다. 본 실시예에서, 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분의 각 행 별 복원을 수행한 결과는 하기 수학식 16 및 17과 같이 나타낼 수 있다.

[0217] [수학식 16]

$$\hat{\mathbf{C}}_{u,amp} = \begin{bmatrix} 0.8613 & 0.5730 & 0.8683 & 0.5801 & 0.8754 & 0.5872 & 0.2989 \\ 0 & 0.9709 & 0.8059 & 0.8442 & 0.6792 & 0.5143 & 0.5525 \\ 0 & 0 & 0.8568 & 1.0342 & 0.8060 & 0.5777 & 0.7552 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7528 & 1.0721 & 0.7496 & 0.4272 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8369 & 0.6529 & 0.9251 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7797 & 0.5599 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6440 \end{bmatrix}$$

[0218]

[0219] [수학식 17]

$$\hat{\mathbf{C}}_{u,phs} = \begin{bmatrix} 2.5823 & 4.0004 & 5.4186 & 6.8367 & 3.1358 & 4.5540 & 0.8531 \\ 0 & 3.8100 & 1.3368 & 2.5724 & 3.8080 & 5.0436 & 2.5704 \\ 0 & 0 & 3.7182 & 4.7571 & 2.1921 & 3.2310 & 0.6660 \\ 0 & 0 & 0 & 2.5940 & 5.7332 & 2.0440 & 5.1833 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.3849 & 0.4866 & 5.0494 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.7733 & 3.2633 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.3596 \end{bmatrix}$$

[0220]

[0221] 일 실시예에 따른 기지국은 상삼각행렬의 크기 성분 및 위상 성분이 행 별로 복원됨에 따라, 크기 성분 및 위상 성분을 결합할 수 있다.

[0222] 1050 단계에서, 기지국은 대각 성분의 원 정렬 순서에 따라 크기 성분 및 위상 성분이 결합된 결과에 역치환을 수행할 수 있다.

[0223] 또한, 기지국은 역치환 수행 결과 복원된 상삼각행렬에 켈레복소수를 취하여, 하삼각행렬을 복원할 수 있다.

[0224] 1060 단계에서, 기지국은 대각 성분, 상삼각행렬 및 하삼각행렬을 결합하여, 공분산 행렬을 획득할 수 있다. 일 실시예에 따라 복원된 공분산 행렬은 다음의 수학식 19와 같이 나타낼 수 있다.

[0225] [수학식 19]

$$\hat{\mathbf{C}} = \begin{bmatrix} 1.1447 & 0.7300 & 0.7619 & -0.1868 & 0.7111 & 0.5339 & 0.4648 & -0.1672 \\ 0.7300 & 1.1495 & 0.3744 & -0.5635 & -0.4935 & 0.8754 & -0.1966 & 0.0926 \\ 0.7619 & 0.3744 & 1.1116 & 0.7182 & -0.0462 & 0.4692 & -0.5938 & 0.5754 \\ -0.1868 & -0.5635 & 0.7182 & 1.0785 & 0.6427 & -0.9140 & -0.1938 & 0.3417 \\ 0.7111 & -0.4935 & -0.0462 & 0.6427 & 1.0454 & 0.8122 & -0.3059 & -0.5771 \\ 0.5339 & 0.8754 & 0.4692 & -0.9140 & 0.8122 & 1.0123 & 0.5558 & -0.0474 \\ 0.4648 & -0.1966 & -0.5938 & -0.1938 & -0.3059 & 0.5558 & 0.9881 & -0.1350 \\ -0.1672 & 0.0926 & 0.5754 & 0.3417 & -0.5771 & -0.0474 & -0.1350 & 0.9792 \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 & 0.4570 & 0.6017 & -0.7840 & -0.4549 & 0.4199 & -0.2987 & 0.4863 \\ -0.4570 & 0 & 0.4338 & 0.6607 & -0.3049 & -0.0050 & -0.2252 & 0.5798 \\ -0.6017 & -0.4338 & 0 & 0.4671 & 1.0332 & -0.6553 & -0.4666 & 0.0516 \\ 0.7840 & -0.6607 & -0.4671 & 0 & -0.3919 & 0.5603 & 0.3807 & -0.6672 \\ 0.4549 & 0.3049 & -1.0332 & 0.3919 & 0 & 0.2016 & 0.8731 & -0.3053 \\ -0.4199 & 0.0050 & 0.6553 & -0.5603 & -0.2016 & 0 & 0.0680 & 0.7782 \\ 0.2987 & 0.2252 & 0.4666 & -0.3807 & -0.8731 & -0.0680 & 0 & 0.6297 \\ -0.4863 & -0.5798 & -0.0516 & 0.6672 & 0.3053 & -0.7782 & -0.6297 & 0 \end{bmatrix}$$

[0226]

[0227] 도 12는 일 실시예에 따른 단말(1200)의 블록도이다.

[0228]

도 12를 참조하면, 단말(1200)은 송수신부(1210), 프로세서(1220) 및 메모리(1230)를 포함할 수 있다. 상기 실시 예들에서 제한한 채널 정보를 제공하는 방법에 따라, 단말(1200)의 송수신부(1210), 프로세서(1220) 및 메모리(1230)가 동작할 수 있다. 다만, 일 실시예에 따른 단말(1200)의 구성 요소가 전술한 예에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에 따라, 단말(1200)은 전술한 구성 요소들 보다 더 많은 구성 요소를 포함하거나 더 적은 구성 요소를 포함할 수도 있다. 뿐만 아니라 특정한 경우 송수신부(1210), 프로세서(1220) 및 메모리(1230)가 하나의 칩(chip) 형태로 구현될 수도 있다.

[0229]

송수신부(1210)는 기지국과 정보를 포함한 신호를 송수신할 수 있다. 여기에서, 정보는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보 및 채널 정보를 포함할 수 있다. 이를 위해, 송수신부(1210)는 송신되는 신호의 주파수를 상승 변환 및 증폭하는 RF 송신기 및 수신되는 신호를 저 잡음 증폭하고 주파수를 하강 변환하는 RF 수신기 등으로 구성될 수 있다. 다만, 이는 일 실시예일 뿐, 송수신부(1210)의 구성 요소가 RF 송신기 및 RF 수신기로 한정되는 것은 아니다.

[0230]

또한, 송수신부(1210)는 무선 채널을 통해 신호를 수신하여 프로세서(1220)로 출력하고, 프로세서(1220)로부터 출력된 신호를 무선 채널을 통해 송신할 수 있다.

[0231]

프로세서(1220)는 전술한 실시예에 따라 단말(1200)이 동작할 수 있도록 일련의 과정을 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(1220)는 송수신부(1210)를 통해 기지국으로부터 수신된 채널 정보 생성 방식에 관한 정보에 따라, 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 포함하는 채널 정보를 생성할 수 있다.

[0232]

메모리(1230)는 단말(1200)에서 획득되는 신호에 포함된 채널 정보 생성 방식에 관한 정보, 채널 정보, 제어 정보 또는 데이터를 저장할 수 있으며, 프로세서(1220)의 제어에 필요한 데이터 및 프로세서(1220)에서 제어 시 발생하는 데이터 등을 저장하기 위한 영역을 가질 수 있다. 메모리(1230)는 롬(ROM) 또는/및 램(RAM) 또는/및 하드디스크 또는/및 CD-ROM 또는/및 DVD 등의 다양한 형태로 구성될 수 있다.

[0233]

도 13은 일 실시예에 따른 기지국(1300)의 블록도이다.

[0234]

도 13을 참조하면, 기지국(1300)은 송수신부(1310), 프로세서(1320) 및 메모리(1330)를 포함할 수 있다. 상기 실시 예들에서 제한한 채널 정보를 제공하는 방법에 따라, 기지국(1300)의 송수신부(1310), 프로세서(1320) 및 메모리(1330)가 동작할 수 있다. 다만, 일 실시예에 따른 기지국(1300)의 구성 요소가 전술한 예에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에 따라, 기지국(1300)은 전술한 구성 요소들 보다 더 많은 구성 요소를 포함하거나 더 적은 구성 요소를 포함할 수도 있다. 뿐만 아니라 특정한 경우 송수신부(1310), 프로세서(1320) 및 메모리(1330)가 하나의 칩(chip) 형태로 구현될 수도 있다.

[0235]

송수신부(1310)는 단말과 신호를 송수신할 수 있다. 여기에서, 신호는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보 및 채널

널 정보를 포함할 수 있다. 이를 위해, 송수신부(1310)는 송신되는 신호의 주파수를 상승 변환 및 증폭하는 RF 송신기 및 수신되는 신호를 저 잡음 증폭하고 주파수를 하강 변환하는 RF 수신기 등으로 구성될 수 있다. 다만, 이는 일 실시예일 뿐, 송수신부(1310)의 구성 요소가 RF 송신기 및 RF 수신기로 한정되는 것은 아니다.

[0236] 또한, 송수신부(1310)는 무선 채널을 통해 신호를 수신하여 프로세서(1320)로 출력하고, 프로세서(1320)로부터 출력된 신호를 무선 채널을 통해 송신할 수 있다.

[0237] 프로세서(1320)는 전술한 실시예에 따라 기지국(1300)이 동작할 수 있도록 일련의 과정을 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(1320)는 채널 정보에 포함된 공분산 행렬의 성분 간의 변화량에 관한 정보를 기초로 공분산 행렬을 획득할 수 있다. 또한, 프로세서(1320)는 획득된 공분산 행렬에 기초하여 기지국(1300)과 단말 간의 채널 상태를 결정할 수 있다.

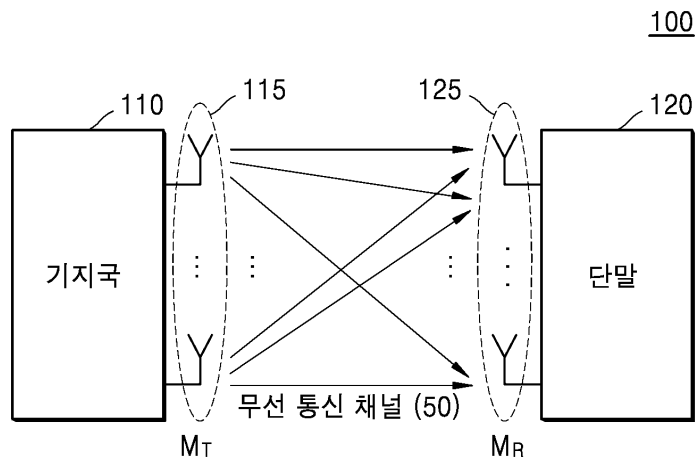
[0238] 메모리(1330)는 채널 정보 생성 방식에 관한 정보, 채널 정보, 제어 정보 또는 데이터를 저장할 수 있으며, 프로세서(1320)의 제어에 필요한 데이터 및 프로세서(1320)에서 제어 시 발생하는 데이터 등을 저장하기 위한 영역을 가질 수 있다. 메모리(1330)는 롬(ROM) 또는/및 램(RAM) 또는/및 하드디스크 또는/및 CD-ROM 또는/및 DVD 등의 다양한 형태로 구성될 수 있다.

[0239] 한편, 상술한 바와 같이 기지국 또는 단말 내에 포함되는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체일 수 있는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체가 제공되며, 또는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 임의의 단부에 맞추어지기 보다는 개별적으로 존재한다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체 상에 저장된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램이 존재하며, 적어도 하나의 프로세서는 프리앰블을 이용하여 통신을 수행하도록 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 실행한다.

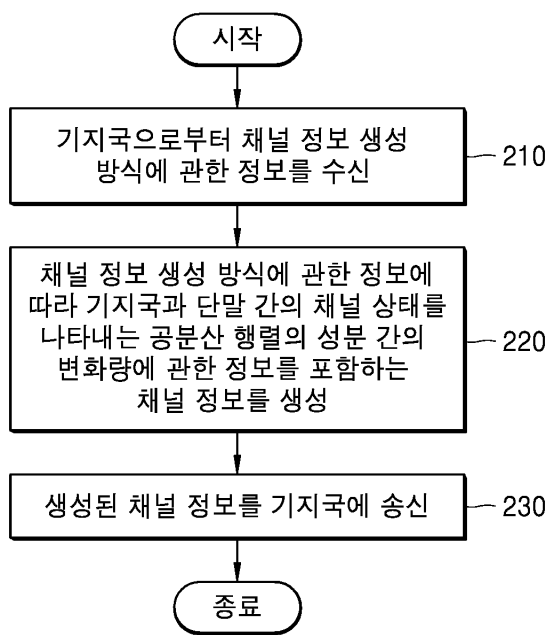
[0240] 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 본 발명의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 즉 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명의 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다. 또한 상기 각각의 실시 예는 설명의 편의를 위하여 구분된 것으로, 필요에 따라 서로 조합되어 운용할 수 있다.

도면

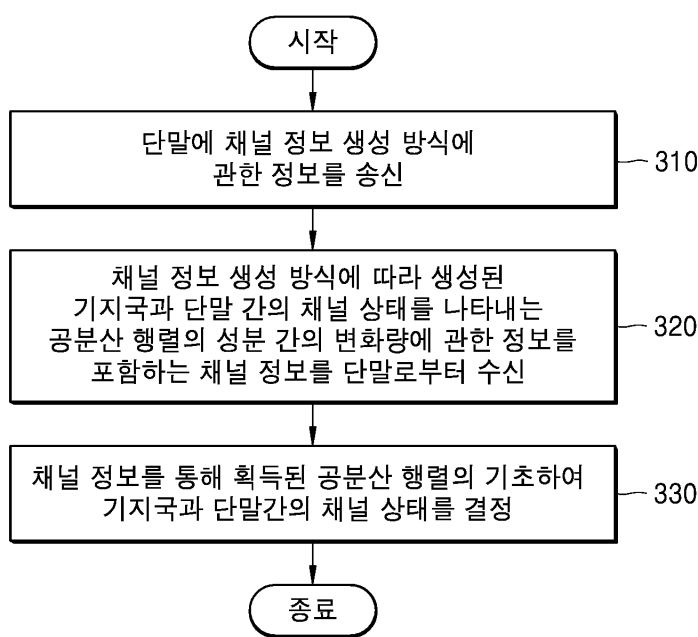
도면1



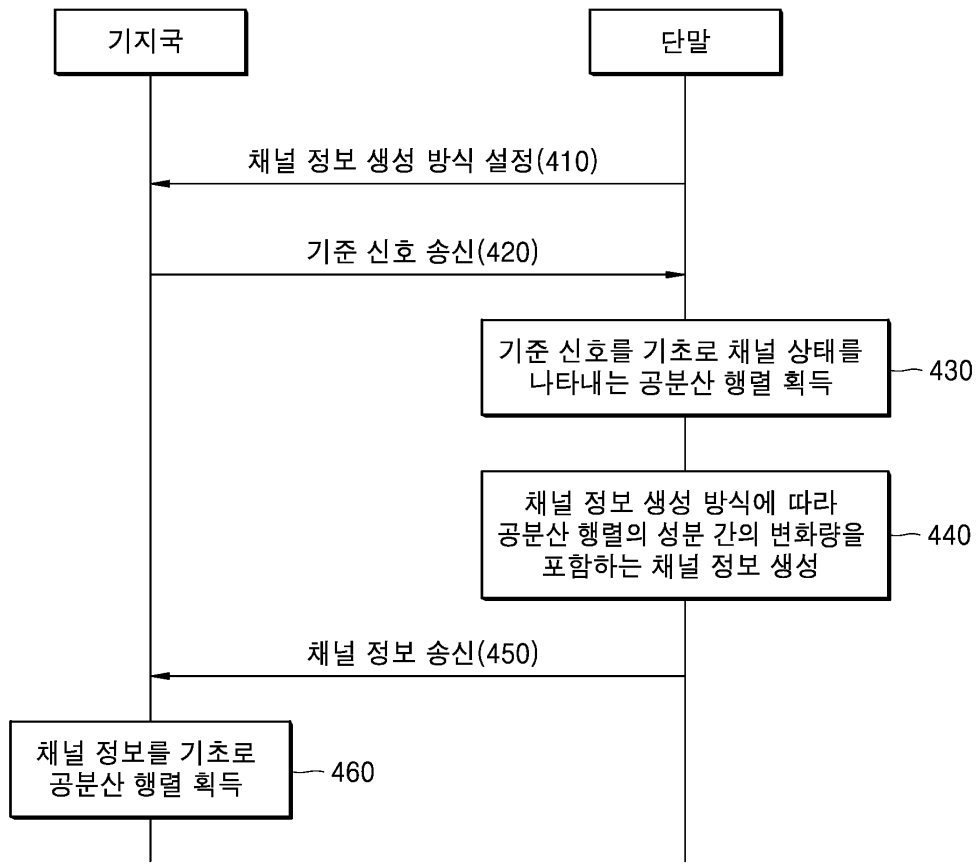
도면2



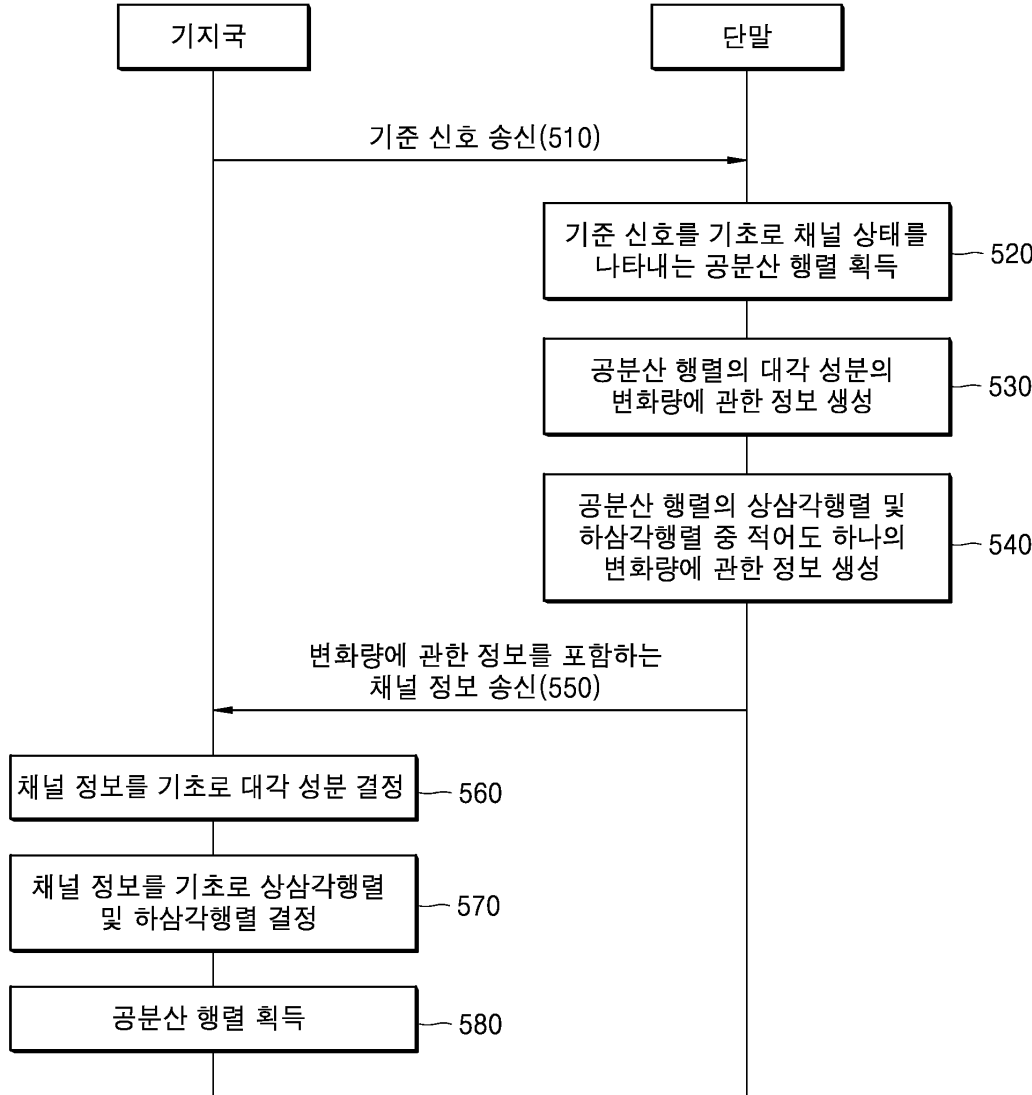
도면3



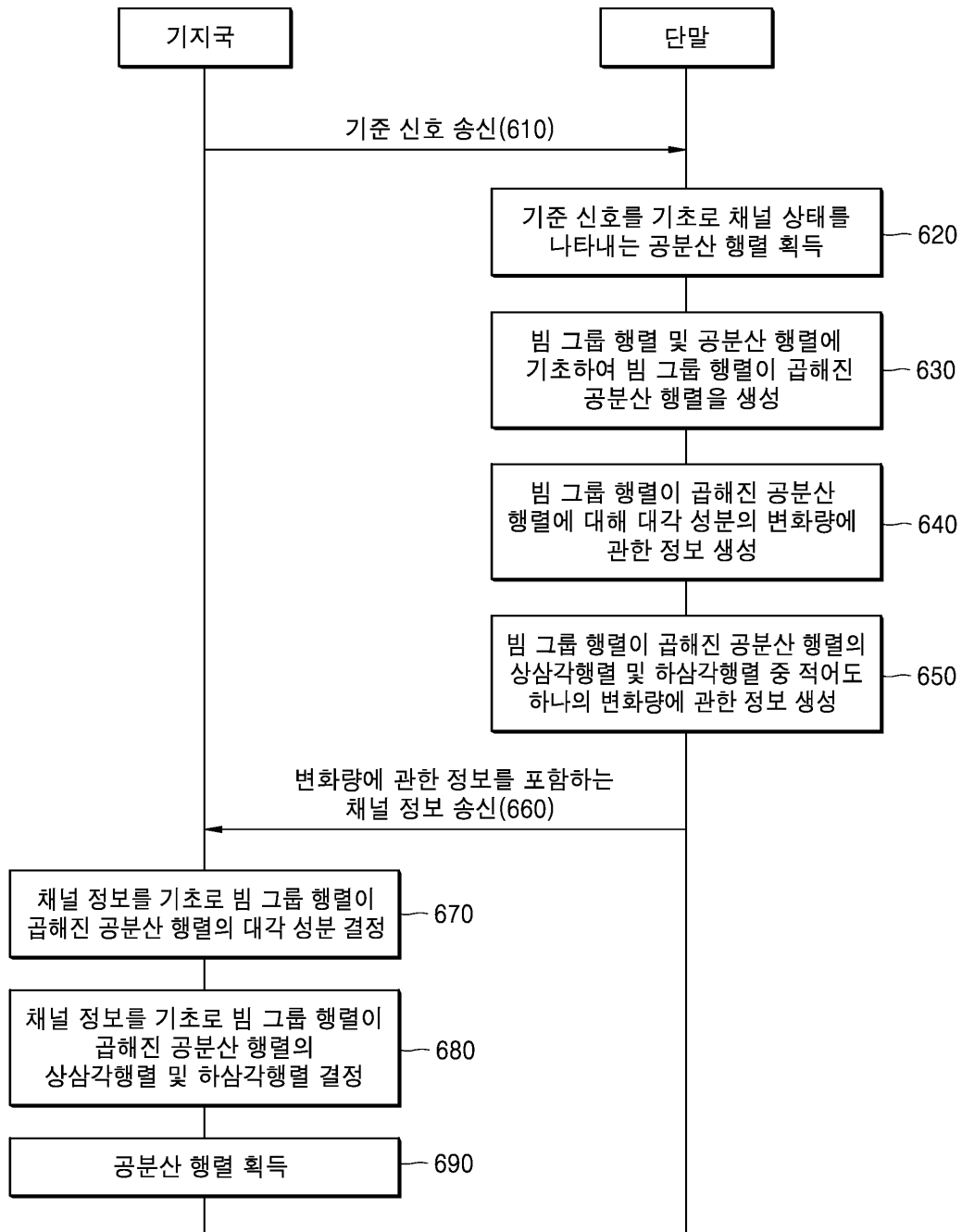
도면4



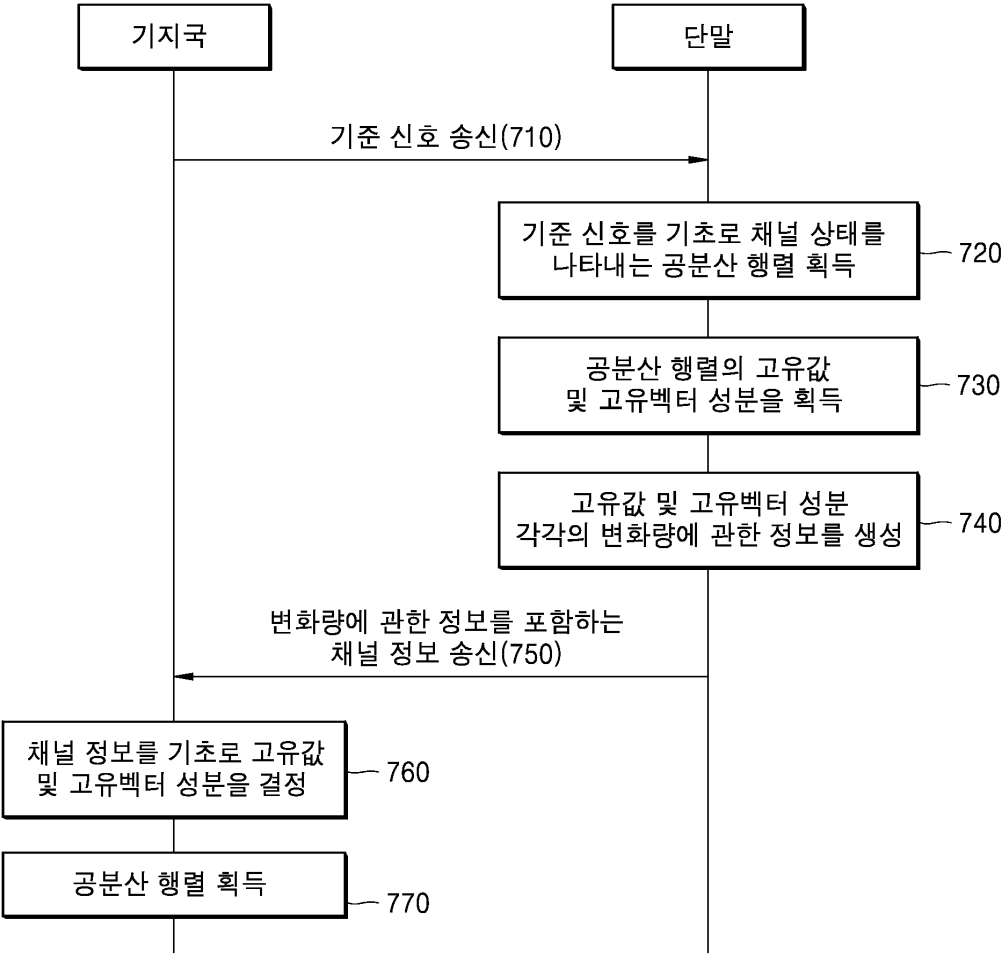
도면5



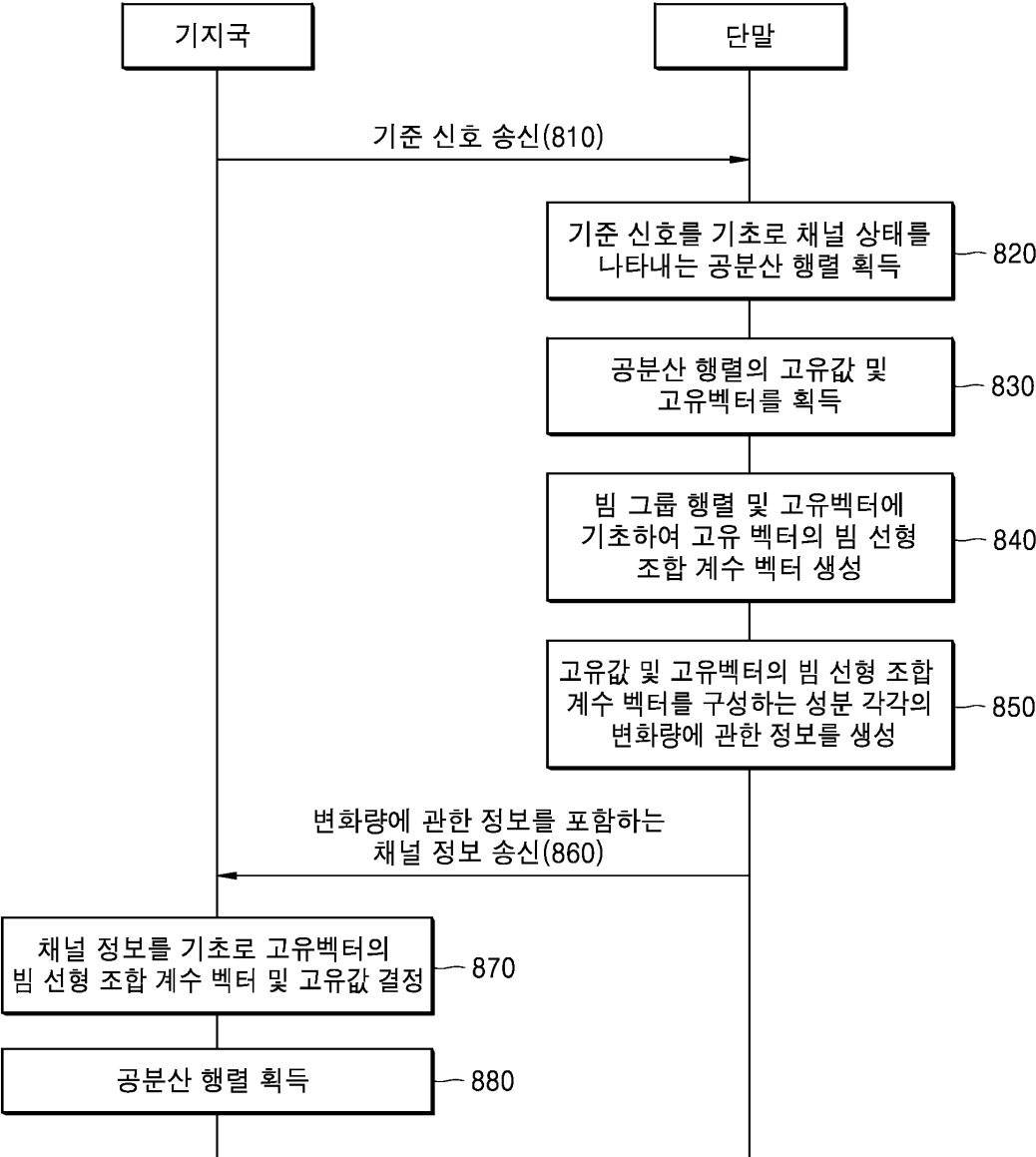
도면6



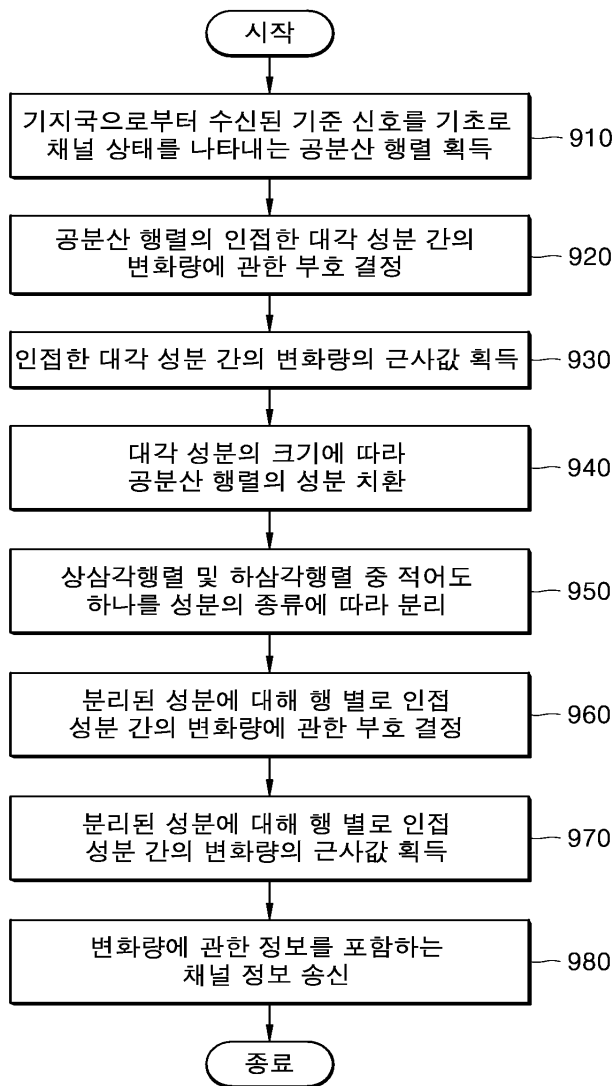
도면7



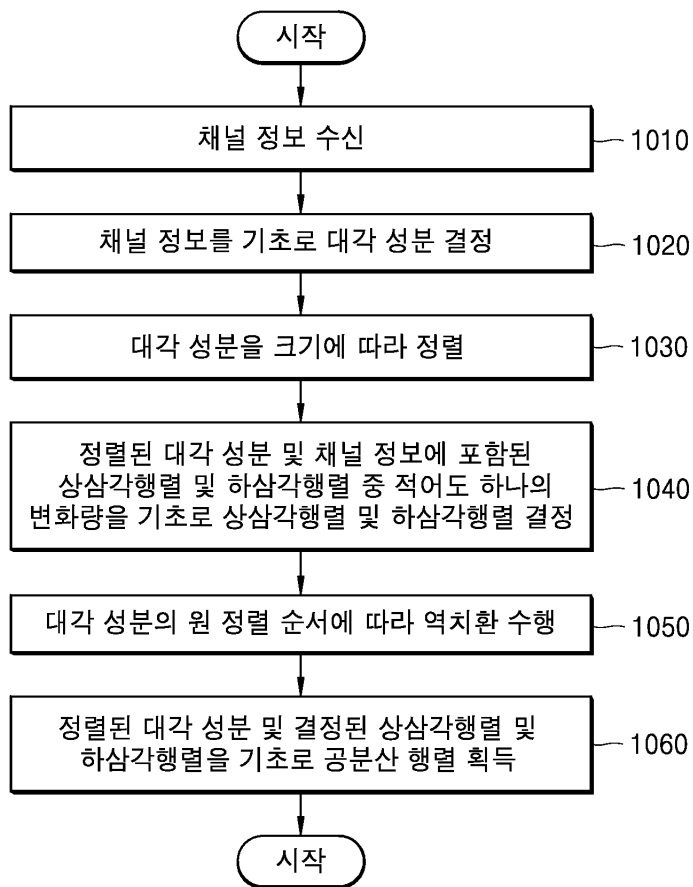
도면8



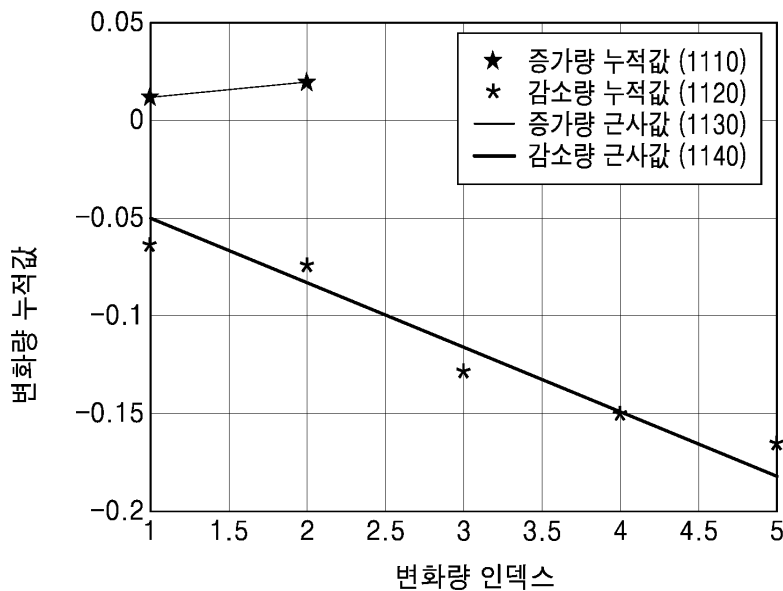
도면9



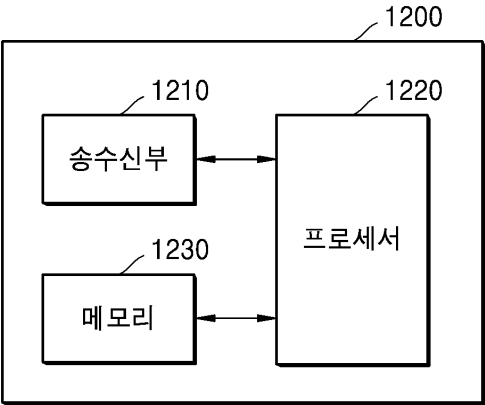
도면10



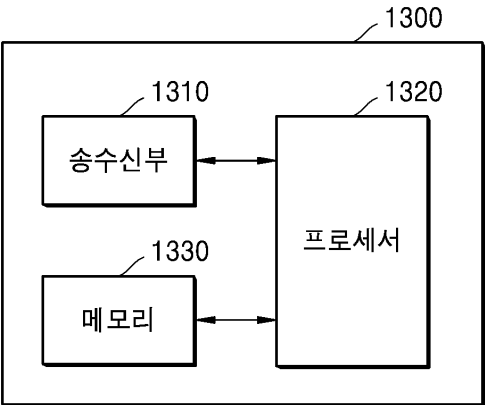
도면11



도면12



도면13



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 21

【변경전】

제 1항, 제3항 내지 제6항 및 제8항 내지 제 10항 중 어느 하나의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

【변경후】

제 1항, 제3항 내지 제6항 및 제8항 내지 제 10항 중 어느 하나의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 저장 매체.