



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0015007
(43) 공개일자 2023년01월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) H04B 17/309 (2015.01)
H04B 7/0408 (2017.01) H04B 7/08 (2017.01)
H04L 25/02 (2006.01) H04L 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0695 (2013.01)
H04B 17/309 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2021-0096248
(22) 출원일자 2021년07월22일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
강충구
서울특별시 성북구 안암로 145
이재원
서울특별시 성북구 안암로 145
(74) 대리인
이건주, 김정훈

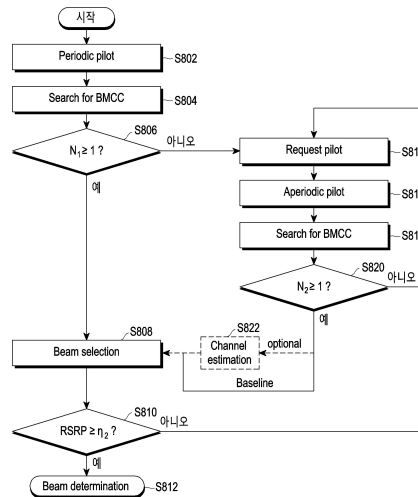
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 빔 선택 장치 및 방법

(57) 요약

본 개시는 LTE와 같은 4G 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G 또는 6G 통신 시스템에 관련된 것이다. 무선 통신 시스템에서 수신 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서, 송신 장치로부터 기준 신호들을 수신하는 동작; 상기 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하는 동작; 상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작; 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 후보 빔을 선택하는 동작; 상기 후보 빔의 신호 품질이 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하는 동작; 및 상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 후보 빔을 최종 빔으로 선택하는 동작을 포함할 수 있다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

H04B 7/0408 (2013.01)

H04B 7/0617 (2013.01)

H04B 7/088 (2013.01)

H04L 25/0224 (2013.01)

H04L 5/0048 (2021.01)

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 수신 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서,

송신 장치로부터 기준 신호들을 수신하는 동작;

상기 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하는 동작;

상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작;

적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 후보 빔을 선택하는 동작;

상기 후보 빔의 신호 품질이 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하는 동작; 및

상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 후보 빔을 최종 빔으로 선택하는 동작을 포함하는 상기 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 기준 채널 구성 요소 값이 존재 하지 않을 경우, 상기 송신 장치로 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 송신하는 동작;

상기 송신 장치로부터 상기 추가적인 기준 신호들을 수신하고, 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하는 동작;

상기 추가적인 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작;

적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 다른 후보 빔을 선택하는 동작; 및

상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 다른 후보 빔을 다른 최종 빔으로 선택하는 동작을 더 포함하는 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 기준 채널 구성 요소 값이 존재하지 않을 경우, 딥러닝(deep-learning) 기반 채널 추정 방식에 기반하여 상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들을 보간하는 동작;

상기 기준 신호들의 보간된 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작;

적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 다른 후보 빔을 선택하는 동작;

상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하는 동작; 및

상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 다른 후보 빔을 다른 최종 빔으로 선택하는 동작을 더 포함하는 상기 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 다른 후보 빔에 대한 신호 품질이 상기 제2 임계값 이하일 경우, 상기 송신 장치로 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 송신하는 동작;

상기 송신 장치로부터 상기 추가적인 기준 신호들을 수신하고, 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하는 동작;

상기 추가적인 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 또 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작;

적어도 하나의 또 다른 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 또 다른 채널 구성 요소 값에 기반하여 또 다른 빔을 선택하는 동작; 및

상기 또 다른 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 또 다른 후보 빔을 또 다른 최종 빔으로 선택하는 동작을 더 포함하는 상기 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이하일 경우,

상기 송신 장치로 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 송신하는 동작;

상기 송신 장치로부터 상기 추가적인 기준 신호들을 수신하고, 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하는 동작;

상기 추가적인 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작;

적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 다른 후보 빔을 선택하는 동작; 및

상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 다른 후보 빔을 다른 최종 빔으로 선택하는 동작을 더 포함하는 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 채널 구성 요소는 도래각(angle of arrival, AoA), 발사각(angle of departure, AoD), 및 지연 시간(delay) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 기준 신호는 채널 상태 정보 기준 신호(channel status information reference signal: CSI-RS), 사운딩 기준 신호(sounding reference signal) 또는 복조 기준 신호(demodulation-reference signal: DMRS) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 방법.

청구항 8

무선 통신 시스템에서 송신 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서,

수신 장치로 기준 신호들을 송신하는 동작;

상기 수신 장치로부터 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 수신하는 동작;

상기 요청 신호에 대응하여 상기 수신 장치로 상기 추가적인 기준 신호들을 송신하는 동작; 및

상기 수신 장치와 최종 빔을 통하여 신호를 송, 수신하는 동작을 포함하고,

상기 최종 빔은 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 선택된 후보 빔 중 신호 품질이 제2 임계값 이상인 것인 상기 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 채널 구성 요소는 도래각(angle of arrival, AoA), 발사각(angle of departure, AoD), 및 지연 시간(delay) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 방법.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 기준 신호는 채널 상태 정보 기준 신호(channel status information reference signal: CSI-RS), 사운딩 기준 신호(sounding reference signal) 또는 복조 기준 신호(demodulation-reference signal: DMRS) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 방법.

청구항 11

무선 통신 시스템에서 수신 장치에 있어서,

송수신기; 및

적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는:

송신 장치로부터 기준 신호들을 수신하고, 상기 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하고, 상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하고, 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 후보 빔을 선택하고, 상기 후보 빔의 신호 품질이 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하고, 및 상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 후보 빔을 최종 빔으로 선택하도록 구성되는 수신 장치.

청구항 12

제11 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는:

상기 기준 채널 구성 요소 값이 존재 하지 않을 경우, 상기 송신 장치로 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 송신하고, 상기 송신 장치로부터 상기 추가적인 기준 신호들을 수신하고, 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하고, 상기 추가적인 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하고, 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 다른 후보 빔을 선택하고, 및 상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 다른 후보 빔을 다른 최종 빔으로 선택하도록 더 구성되는 수신 장치.

청구항 13

제11 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는:

상기 기준 채널 구성 요소 값이 존재하지 않을 경우, 딥러닝(deep-learning) 기반 채널 추정 방식에 기반하여 상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들을 보간하고, 상기 기준 신호들의 보간된 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하고, 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 다른 후보 빔을 선택하고, 상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하고, 및 상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 다른 후보 빔을 다른 최종 빔으로 선택하도록 더 구성되는 수신 장치.

청구항 14

제13 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는:

상기 다른 후보 빔에 대한 신호 품질이 상기 제2 임계값 이하일 경우, 상기 송신 장치로 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 송신하고, 상기 송신 장치로부터 상기 추가적인 기준 신호들을 수신하고, 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하고, 상기 추가적인 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 또 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하고, 적어도 하나의 또 다른 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 또 다른 채널 구성 요소 값에 기반하여 또 다른 후보 빔을 선택하고, 및 상기 또 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 또 다른 후보 빔을 또 다른 최종 빔으로 선택하도록 더 구성되는 수신 장치.

청구항 15

제11 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는:

상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이하일 경우, 상기 송신 장치로 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 송신하고, 상기 송신 장치로부터 상기 추가적인 기준 신호들을 수신하고, 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하고, 상기 추가적인 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 상기 제1 임계값 이상인 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하고, 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 다른 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 다른 후보 빔을 선택하고, 및 상기 다른 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 다른 후보 빔을 다른 최종 빔으로 선택하도록 더 구성되는 수신 장치.

청구항 16

제11 항에 있어서,

상기 채널 구성 요소는 도래각(angle of arrival, AoA), 발사각(angle of departure, AoD), 및 지연 시간(delay) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 수신 장치.

청구항 17

제11 항에 있어서,

상기 기준 신호는 채널 상태 정보 기준 신호(channel status information reference signal: CSI-RS), 사운딩 기준 신호(sounding reference signal) 또는 복조 기준 신호(demodulation-reference signal: DMRS) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 수신 장치.

청구항 18

무선 통신 시스템에서 송신 장치에 있어서,

송수신기; 및

적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는:

수신 장치로 기준 신호들을 송신하고, 상기 수신 장치로부터 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를

수신하고, 상기 요청 신호에 대응하여 상기 수신 장치로 상기 추가적인 기준 신호들을 송신하고, 상기 수신 장치와 최종 빔을 통하여 신호를 송, 수신하도록 구성되고,

상기 최종 빔은 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 선택된 후보 빔 중 신호 품질이 제2 임계값 이상인 것인 상기 송신 장치.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 채널 구성 요소는 도래각(angle of arrival, AoA), 발사각(angle of departure, AoD), 및 지연 시간(delay) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 송신 장치.

청구항 20

제18 항에 있어서,

상기 기준 신호는 채널 상태 정보 기준 신호(channel status information reference signal: CSI-RS), 사운딩 기준 신호(sounding reference signal) 또는 복조 기준 신호(demodulation-reference signal: DMRS) 중 적어도 하나를 포함하는 상기 송신 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시(disclosure)는 무선 통신 시스템에서 빔 선택 장치 및 방법에 관한 것으로, 채널 구성 요소(channel component)를 기반으로 빔을 선택하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역 (예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중입출력(Full Dimensional MIMO: FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beamforming), 및 대규모 안테나 (large scale antenna) 기술들이 논의되어 왔다.

[0003] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀 (advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크 (cloud radio access network: cloud RAN), 초고밀도 네트워크 (ultra-dense network), 기기 간 통신 (Device to Device communication: D2D), 무선 백홀 (wireless backhaul), 이동 네트워크 (moving network), 협력 통신 (cooperative communication), CoMP (Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거 (interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0004] 상술한 바와 같은 통신 시스템에서의 기술 개발에 따라, 더 넓은 대역폭과 UE (또는, 단말)에게 보다 향상된 송수신 성능을 제공하는 기술에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 따라 6G 통신 시스템에서는 THz 대역 (예를 들어, 100기가(100GHz) 이상 대역)을 고려하고 있으며, 이를 통해 같은 크기에서 더 많은 안테나 수용이 가능해짐에 따라 더 세밀한 빔형성이 가능해질 것이다. 여기서 하향링크 빔형성은 단일 혹은 복수의 BS (base station)이 한 개 혹은 수 개의 UE에게 전송을 수행하는 방식이며, 그 반대의 경우에는 UE에서 상향링크 빔형성이라 한다. 그러나 상기 UE 혹은 BS에 빔형성을 수행하는 안테나 수가 많아질수록 이를 나타내기 위한 빔북 (beam-book)의 해상도가 증가하며, 기준 신호 수신 세기(reference signal received power: RSRP)를 측정하기 위해 전체 빔 수만큼의 파일럿 신호가 필요하므로 선형적으로 오버헤드가 증가할 것으로 예상된다. 또한 최종적으로 빔을 선택하기 위해 필요한 시그널링으로 인하여 발생하는 지연시간도 크기 때문에 데이터를 보내기 위한 주파수 효율성이 매우 낮아진다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 개시의 다양한 실시 예들은 무선 통신 시스템에서 빔 선택 장치 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0006] 본 개시의 다양한 실시 예들은 무선 통신 시스템에서 채널 구성 요소에 기반하여 빔을 선택하는 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 개시의 다양한 실시 예들은 무선 통신 시스템에서 채널 구성 요소 및 딥러닝(deep-learning) 기반 채널 추정 방식에 기반하여 빔을 선택하는 장치 및 방법을 제공할 수 있다. 본 개시의 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 수신 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서, 송신 장치로부터 기준 신호들을 수신하는 동작; 상기 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하는 동작; 상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하는 동작; 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 후보 빔을 선택하는 동작; 상기 후보 빔의 신호 품질이 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하는 동작; 상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 후보 빔을 최종 빔으로 선택하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0009] 본 개시의 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 송신 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서, 수신 장치로 기준 신호들을 송신하는 동작; 상기 수신 장치로부터 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 수신하는 동작; 상기 요청 신호에 대응하여 상기 수신 장치로 상기 추가적인 기준 신호들을 송신하는 동작; 상기 수신 장치와 최종 빔을 통하여 신호를 송, 수신하는 동작을 포함하고, 상기 최종 빔은 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 선택된 후보 빔 중 신호 품질이 제2 임계값 이상인 것일 수 있다.
- [0010] 본 개시의 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 수신 장치에 있어서, 송수신기; 및 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는: 송신 장치로부터 기준 신호들을 수신하고, 상기 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값을 추정하고, 상기 기준 신호들의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값이 존재하는지 여부를 결정하고, 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값이 존재할 경우, 상기 적어도 하나의 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 후보 빔을 선택하고, 상기 후보 빔의 신호 품질이 제2 임계값 이상인지 여부를 결정하고, 및 상기 후보 빔의 신호 품질이 상기 제2 임계값 이상일 경우, 상기 후보 빔을 최종 빔으로 선택하도록 구성될 수 있다.
- [0011] 본 개시의 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 수신 장치에 있어서, 송수신기; 및 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는: 수신 장치로 기준 신호들을 송신하고, 상기 수신 장치로부터 추가적인 기준 신호들의 송신을 요청하는 신호를 수신하고, 상기 요청 신호에 대응하여 상기 수신 장치로 상기 추가적인 기준 신호들을 송신하고, 상기 수신 장치와 최종 빔을 통하여 신호를 송, 수신하도록 구성되고, 상기 최종 빔은 상기 추가적인 기준 신호들 각각의 채널 구성 요소 값들 중 제1 임계값 이상인 기준 채널 구성 요소 값에 기반하여 선택된 후보 빔 중 신호 품질이 제2 임계값 이상인 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0012] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 채널 구성 요소에 기반하여 빔을 선택하는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0013] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 채널 구성 요소 및 딥러닝 기반 채널 추정 방식에 기반하여 빔을 선택하는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0014] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 시그널링에 필요한 지연 시간과 파일럿 오버헤드를 감소시키는 것이 가능하도록 빔을 선택하는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0015] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 채널 상황에 기반하면서도, 주파수 효율성을 증가시키는 것이 가능하도록 빔을 선택하는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0016] 본 개시의 다양한 실시 예들에서 획득될 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017]

본 개시의 상기 및 다른 목적, 특징 및 이점은 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 실시 예들에 대한 다음의 설명을 통해, 보다 명확해질 것이다.

도 1은 5 G 통신 시스템에서 빔 관리(beam management)에 따른 빔 선택 절차를 도시한 도면이다.

도 2는 본 개시의 일 실시 예에 따라 $M=100$ 일 때, 최종적으로 추출된 BMCC를 토대로 복구한 채널을 도시한 도면이다.

도 3은 본 개시의 일 실시 예에 따라 $M=100$ 일 때, 최종적으로 추출된 BMCC를 토대로 복구한 채널을 도시한 도면이다.

도 4는 본 개시의 일 실시 예에 따라 $M=10$ 일 때의 delay에 따른 가장 적합한 채널 구성 요소 BMCC의 초기값을 도시한 도면이다.

도 5는 본 개시의 일 실시 예에 따라 $M=100$ 과 $M=10$ 일 때, 추출된 BMCC를 토대로 복구한 LoS채널을 도시한 도면이다.

도 6은 본 개시의 일 실시 예에 따라 NLoS (Non-Line of Sight) 채널에서 $M=100$ 과 $M=10$ 일 때, 추출된 BMCC를 토대로 복구한 채널을 도시한 도면이다.

도 7은 본 개시의 일 실시 예에 따라 수신 파일럿 신호와 whitening에 의해 측정 행렬 $M_{\mathbf{u}}$ 가 주어졌을 때 특정 임계값 n_1 을 넘는 N_i , $i=1$ 혹은 2인 BMCC를 추출하는 과정을 도시한 것이다.

도 8은 본 개시의 일 실시 예에 따라 채널 추정을 통한 빔 선택 방법에 대한 전반적인 절차의 구조를 도시한 도면이다.

도 9는 본 개시의 일 실시 예에 따라 딥러닝 기술을 기반으로 채널 추정을 통한 빔 선택 방법에 대한 전반적인 절차의 구조를 도시한 도면이다.

도 10은 본 개시의 일 실시 예에 따라 딥러닝 기반 점진적 채널 추정을 통한 빔 선택 방법에 필요한 신경망(neural network: NN)에 대한 예시로 SRCNN (super resolution convolutional NN)의 구조를 도시한 도면이다.

도 11은 상향링크 및 하향링크에서 딥러닝 기반 점진적 채널 추정을 통한 빔 선택 방법의 BS와 UE간 절차를 도시한 도면이다.

도 12는 본 개시의 일 실시 예에 따라 M 에 따른 BMCC로 복원한 채널과 실제 채널의 NMSE (normalized mean square error)를 낮은 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio: SNR)에서 도시한 도면이다.

도 13은 본 개시의 일 실시 예에 따라 낮은 SNR의 범위에서 가장 성능이 좋은 빔(top-1 beam)의 빔 정확도를 도시한 도면이다.

도 14는 기존 빔 선택 방법과 제안된 딥러닝 기반 점진적 채널 추정을 통한 빔 선택의 하이브리드 구조를 도시한 도면이다.

도 15는 본 개시의 일 실시예들에 따른 BS의 구조를 도시한 것이다.

도 16은 본 개시의 일 실시예들에 따른 UE의 구조를 도시한 것이다.

도 17은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UE의 내부 구조의 다른 예를 개략적으로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018]

이하 본 개시의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0019]

실시 예를 설명함에 있어서 본 개시가 속하는 기술 분야에 익히 알려져 있고 본 개시와 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다.

[0020]

이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 개시의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.

[0021]

마찬가지 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성 요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다. 또한,

각 구성 요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이 아니다. 각 도면에서 동일한 또는 대응하는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하였다.

[0022] 본 개시의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0023] 그러나 본 개시는 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 개시의 구성을 완전하도록 하고, 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 개시는 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0024] 이 때, 처리 흐름도 도면들의 각 블록과 흐름도 도면들의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 흐름도 블록(들)에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방식으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 흐름도 블록(들)에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 흐름도 블록(들)에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0025] 또한, 각 블록은 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실행 예들에서는 블록들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0026] 이 때, 본 실시예에서 사용되는 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 또는 보안 멀티미디어카드 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.

[0027] 이하의 설명의 편의를 위하여, 3GPP (3rd generation partnership project) 규격 (5G, NR, LTE 또는 이와 유사한 시스템의 규격)에서 정의하고 있는 용어 및 명칭들이 일부 사용될 수 있다. 이러한 용어의 사용은 본 개시의 용어 및 명칭들에 의해 한정되는 것은 아니며, 다른 규격에 따르는 시스템에도 동일하게 적용될 수 있고, 본 개시의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.

[0028] 또한, 본 개시에서, 특정 조건의 만족 (satisfied), 충족 (fulfilled) 여부를 판단하기 위해, 초과 또는 미만의 표현이 사용되었으나, 이는 일 예를 표현하기 위한 기재일 뿐 이상 또는 이하의 기재를 배제하는 것이 아니다. '이상'으로 기재된 조건은 '초과', '이하'로 기재된 조건은 '미만', '이상 및 미만'으로 기재된 조건은 '초과 및 이하'로 대체될 수 있다.

[0029] 한 개의 셀로 구성된 이동 통신 시스템에서 각 셀의 중앙에 송수신 안테나가 배치된다. 각 셀은 자기 셀 내의 단말들과의 상호 통신을 수행할 때, 각 셀의 하향링크 채널 상태를 측정하기 위하여 기준 신호 (reference signal, RS)를 송신한다. 상기 기준 신호는 일예로 파일럿 (pilot) 신호가 될 수 있다.(또는 파일럿 이라고 호

칭할 수도 있다.) 3세대 파트너십 프로젝트(3rd generation partnership project: 3GPP)의 규격 (예를 들어, 롱 텀 에볼루션(long term evolution: LTE), 5G(5th generation), NR(new radio) 등)에 따르면, 기지국이 전송하는 RS로 CSI-RS (channel status information reference signal), DM-RS (demodulation-reference signal) 등이 있다. 단말은 CSI-RS를 이용하여 기지국과 단말 사이의 채널 상태를 측정하고, 채널 상태 정보를 기지국에 피드백 (feedback)할 수 있다. 또한, 단말은 DM-RS를 이용하여 하향링크 채널을 추정하고, 상기 추정된 채널에 기반하여 자신에게 할당된 자원을 복호화 (demodulation)을 할 수 있다.

[0030] 이하, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 단말(terminal)을 설명할 것이나, 단말은 전자 장치(electronic device), 이동국(mobile station), 이동 장비(mobile equipment: ME), 사용자 장비(user equipment: UE), 사용자 단말(user terminal: UT), 가입자국(subscriber station: SS), 무선 장치(wireless device), 휴대 장치(handheld device), 액세스 단말(access terminal: AT)로 칭해질 수 있다. 또는, 본 개시의 다양한 실시 예들에서 단말은 예를 들어 휴대폰, 개인용 디지털 기기(personal digital assistant: PDA), 스마트 폰(smart phone), 무선 모뎀(wireless MODEM), 노트북과 같이 통신 기능을 갖춘 장치가 될 수 있다.

[0031] 도 1은 5G 통신 시스템에서 빔 관리(beam management) 방식에 따른 빔 선택 절차를 도시한 도면이다.

[0032] 도 1을 참고하면, 초고주파 대역에서는 반사와 회절 특성이 거의 없고, 따라서 초고주파 대역은 직진파의 차단(blockage)에 매우 취약할 수 있다. 따라서, 이를 극복하기 위한 아날로그 빔 형성이 적용될 수 있고, 매우 성긴(sparse) 다중 경로 특성에 대해서 효율적으로 작동하는 방식이 고려될 수 있다. 또한, 이동성(mobility)과 관련하여서도 적절한 빔 성능을 확보하기 위해서는 지속적인 빔 관리가 수행되어야 할 수 있다.

[0033] 5G 표준 규격에서는 이를 위해 빔 스위핑(beam sweeping), 빔 측정(beam measurement), 빔 보고(beam report), 빔 결정(beam determination), 빔 유지보수(beam maintenance), 빔 복구(beam recovery)와 같은 다양한 기능들을 통해 기지국(base station: BS) 및 단말(user equipment: UE)의 빔 집합을 획득하고 유지하기 위한 계층(layer) 1/2 절차가 정의되었다. 하향링크 빔 관리에 사용되는 기준 신호는 동기 신호 블록(synchronization signal block: SSB)과 채널 상태 정보-기준 신호(channel state information-reference signal: CSI-RS)를 포함할 수 있으며, 상향링크 빔 관리에 사용되는 기준 신호는 사운드링 기준 신호(sounding reference signal: SRS)를 포함할 수 있다. SSB는 동기화 신호 블록과 물리 브로드캐스팅 채널(physical broadcasting channel: PBCH)을 포함한다. 모든 서브프레임에 고정된 시간 영역 및 주파수 영역 위치를 갖는 LTE의 동기화 신호 블록과 PBCH와는 달리, SSB는 부반송파(sub-carrier) 간격(subcarrier spacing: SCS)과 일부 다른 파라미터에 따라 다양한 패턴으로 전송된다. 또한 여러 SSB의 집합은 SS(synchronization signal) burst set로 정의되며, 주어진 주기로 반복된다(예를 들어, 20ms의 주기). 또한, SS burst set의 다중 SSB가 다른 빔에서 반복적으로 전송되므로 UE는 다른 SSB를 측정하여 초기 접속(initial access) 단계 중에 최상의 BS 송신 빔을 결정할 수 있다.

[0034] 현재 표준 규격에서는 빔 관리 절차로 초기 송신/수신 빔 선택을 위한 절차(P-1), BS 송신 빔의 미세 조정 절차(P-2), UE 수신 빔 변경을 위한 절차(P-3) 등의 세 가지 유형 빔 스위핑 절차가 RRC (radio resource control) 연결 상태에서 정의되어 있다. 예를 들어, 초기 송신/수신 빔 선택을 위한 절차(P-1)로 BS는 전체 섹터에 걸친 각 빔에서 고유한 기준 신호를 전송하는 빔 스위핑(beam sweeping)을 수행한다. 이때 각 빔의 폭이 넓어서 스위핑해야 할 빔의 수가 제한된다. 그런 다음, UE로부터 SSB ID 보고와 같은 방식으로 보고된 최상의 빔에 대해서 BS는 좁은 각도로 빔 스위핑을 수행하여 빔을 미세 조정할 수 있다. 다음 절차로 UE는 BS에서 송신되는 빔을 조정하기 위한 절차를 수행한다(P-2). UE는 넓은 폭의 빔을 통해 보다 좁은 범위로 스위핑된 BS의 전송 빔 중에서 최적의 빔을 검출하여 BS에 보고한다. 이후, UE의 수신 빔 변경을 위한 절차(P-3)로 BS가 UE의 보고를 기반으로 선택된 빔을 고정하여 반복적으로 전송할 때 UE는 좁은 각도로 자신의 빔을 스위핑을 하여 BS와 UE간에 최적의 빔 쌍을 결정한다. 또한 빔의 정렬 오류에 대처하려면 빔 유지보수(beam maintenance)가 필요하며, 이를 통해 빔 추적 및 미세화를 구현하여 빔을 더 나은 품질의 다른 빔으로 전환할 수 있다. 기존의 빔과 통신 링크를 유지할 수 없는 경우에 새로운 빔을 찾는 빔 복구(beam recovery)가 필요하며, 이는 새롭게 빔 스위핑 단계부터 수행된다. 빔 측정(beam measurement)은 BS가 전송하는 SSB 또는 CSI-RS에서 서로 다른 빔의 품질을 측정하기 위한 것이다.

[0035] 그러나 상기의 빔 관리 절차에 따르면 아날로그 빔 선택 방식은 너무 많은 파일럿 오버헤드와 지연시간을 유발한다. 또한 빔북(beam book) 내에 있는 아날로그 빔이 적용된 파일럿 신호들 중에서만 빔 선택이 이루어지므로, 선택한 빔이 최선의 빔이 아닐 가능성이 크다. 이를 해결하기 위해서 채널 품질(예를 들어: 기준 신호 수신 전력(reference signal received power: RSRP)) 기반 전력 단위의 빔 선택 외에 제한된 파일럿 신호 내에서 안테나 요소(element) 단위로 도래각(angle of arrival: AoA), 발사각(angle of departure: AoD), 또는 지연 시간

(delay) 중 적어도 하나를 포함하는 채널 구성 요소(component)의 값, 즉 채널 구성 요소 값을 추정하여 빔을 선택하는 방식을 제안한다. 본 개시의 실시 예들에서, 그 채널 구성 요소 값이 임계값 이상을 가지는 채널 구성 요소를 최고 매칭 채널 구성 요소(best matching channel component: BMCC)라 칭하기로 한다. BMCC는 기준 채널 구성 요소로 칭할 수도 있다. 본 개시의 실시 예들에서는 채널 구성 요소가 AoA, AoD, 지연 시간인 경우를 일 예로 하여 설명하지만, AoA, AoD, 지연 시간 이외의 다양한 파라미터들이 채널 구성 요소로 사용될 수 있다. 본 개시의 실시 예들에서는 채널 품질이 RSRP인 경우를 일 예로 하여 설명하지만, RSRP 이외의 다양한 파라미터들, 예를 들어 수신 신호 세기 지시자(received signal strength indicator: RSSI), 채널 품질 지시자(channel quality indicator: CQI), 신호 대 잡음비(signal to noise ratio: SNR), 신호 대 간섭비(signal to interference ratio: SIR), 신호 대 간섭 잡음비(signal to interference and noise ratio: SINR), 또는 기준 신호 수신 품질(reference signal received quality: RSRQ) 등과 같은 다양한 파라미터들이 채널 품질로 사용될 수 있다.

[0036] 송신 안테나와 수신 안테나의 수가 각각 N_t 개와 N_r 개인 다중 안테나 시스템을 고려한다. 일반적으로 CSI-RS나 SRS를 통해 수신한 파일럿 신호를 통해서는 모든 안테나 요소별 채널이 아닌 아날로그 빔이 적용된 유효 채널(effective channel)만을 추정할 수 있기 때문에 채널 구성 요소의 추정에는 크게 적합하지 않다. 우세한(dominant) 경로의 수를 L 이라고 할 때, 초고주파 채널은 L 값이 매우 작은 성긴(sparse) 채널이다. 이때 l 번째 경로의 AoA, AoD, 지연 시간을 각각 θ_l, ϕ, τ_l 이라고 하자. 이때 AoA와 AoD의 해상도를 정수 G 라고 하면, 따라서 $\theta_l, \phi \in \{0, \pm \frac{2\pi}{G}, \pm \frac{4\pi}{G}, \dots, \pm \frac{2\pi(G-1)}{G}\}$ 이다. 또한, 지연시간의 해상도를 정수 T 라고 하면, 따라서, $\tau_l \in \{0, \frac{1}{T}, \frac{2}{T}, \dots, \frac{T-1}{T}\}$ 이다. 공간 도메인에서의 채널 행렬을 $\hat{\mathbf{H}}$ 이라고 하면, 이를 [수학식 1]로 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\hat{\mathbf{H}} = \sum_{l=1}^L \alpha_l (\mathbf{a}_{RX}^H(\theta_l) \otimes \mathbf{a}_{TX}(\phi)) \mathbf{a}_F^T(\tau_l)$$

[0037]

[0038] 여기서 α_l 은 l 번째 경로에서의 이득이고, $\mathbf{a}_{TX}(\cdot)$ 과 $\mathbf{a}_{RX}(\cdot)$ 는 각각 [수학식 2]와 [수학식3]과 같이 정의된 송신 안테나의 배열 스티어링(array steering) 벡터이며,

수학식 2

$$\mathbf{a}_{RX}(\theta_l) = \frac{1}{\sqrt{N_r}} [1, e^{j2\pi d \sin(\theta_l)/\lambda}, \dots, e^{j2\pi(N_r-1)d \sin(\theta_l)/\lambda}]^T$$

[0039]

수학식 3

$$\mathbf{a}_{TX}(\phi) = \frac{1}{\sqrt{N_t}} [1, e^{j2\pi d \sin(\phi)/\lambda}, \dots, e^{j2\pi(N_t-1)d \sin(\phi)/\lambda}]^T$$

[0040]

[0041] $\mathbf{a}_F(\cdot)$ 는 [수학식4]와 같이 정의된 K 개의 부분송파 별 채널을 나타내는 이산 푸리에 변환(discrete Fourier transform: DFT) 벡터이다.

수학식 4

$$\mathbf{a}_F(\tau_l) = \frac{1}{\sqrt{K}} [1, e^{j2\pi k\tau_l f/K}, \dots, e^{j2\pi(K-1)\tau_l f/K}]^T$$

[0042]

[0043] [수학식1]의 채널에서 $L = \min(N_t N_r, K)$ 을 가정하며, 이는 일반적인 밀리미터파 대역에서 성립된다($\hat{\mathbf{H}}$ 는 sparse 행렬). BS 또는 UE로부터 전송되는 시간 영역 및 주파수 영역에 걸쳐 전송된 파일럿 신호 중에서 m 번째 것을 $\mathbf{q}_m$ 으로 나타내자($m = 1, 2, \dots, M$). 이에 적용될 특정 아날로그 프리코더(precoder)와 결합기(combiner)를 각각 $\mathbf{F}_m$ 와 $\mathbf{W}_m$ 이라고 하자. m 번째 파일럿 신호에 대해서 수신된 파일럿 신호를 Φ_m 이라고 하면, $\Phi_m = (\mathbf{q}_m^T \mathbf{F}_m^T \otimes \mathbf{W}_m^H)$ 으로 주어진다. $\Phi = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_M]$ 로 정의하면, 수신 신호(측정 행렬로 명명함)는 [수학식 5]로 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$\mathbf{M} = \Phi^H \hat{\mathbf{H}} + \mathbf{N}$$

[0044]

[0045] 여기서 잡음 $\mathbf{N}$ 은 결합기로 인해 유색잡음(colored noise)이 되므로 측정행렬의 whitening 필터를 통해 백색잡음으로 변환해야 한다. Whitening전의 잡음에 대한 공분산 행렬(covariance matrix)은 [수학식 6]으로 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_1^H \mathbf{W}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{W}_2^H \mathbf{W}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{W}_M^H \mathbf{W}_M \end{bmatrix}$$

[0046]

[0047] Cholesky 분해 $\mathbf{C} = \mathbf{D}_w^H \mathbf{D}_w$ 이용하여 whitening된 수신 신호는 [수학식 7]로 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_w &= \mathbf{D}_w^{-1} \mathbf{M} \\ &= \mathbf{D}_w^{-1} \Phi^H \hat{\mathbf{H}} + \mathbf{D}_w^{-1} \mathbf{N} \\ &= \Phi_w^H \hat{\mathbf{H}} + \mathbf{N}_w \end{aligned}$$

[0048]

[0049] [수학식 7]에서 $\Phi_w^H = \mathbf{D}_w^{-1} \Phi^H$ 이며, 이를 통해 $\mathbf{M}_w$ 로부터 $\hat{\mathbf{H}}$ 를 추정할 수 있다. 즉, 채널 추정은 [수학식 8]로 주어진 최적화 문제에 해당한다.

수학식 8

[0050]

$$\min_{\mathbf{H}_w} \|\mathbf{M}_w - \Phi_w^H \hat{\mathbf{H}}\|_F$$

[0051]

이 문제를 해결하기 위한 여러 가지 방식이 있을 수 있으며, 그 중 $\hat{\mathbf{H}}$ 의 희소성(sparsity)을 이용한 압축 감지(compressive sensing) 기반의 검출 알고리즘 중 하나인 직교 일치 추적법(orthogonal matching pursuit: OMP)을 이용할 수 있다. OMP 방식은 미리 설정된 공간 도메인 채널 grid에 $\mathbf{M}_w$ 를 투영하여 최고 매칭 채널 구성 요소(BMCC)를 하나씩 추출하며, 특정 기준 값을 만족할 때까지 이 절차를 반복하여 BMCC를 찾는 방식이다. 이 때, $\mathbf{M}_w$ 를 채널 공간으로 투영한 값은 [수학식 9]로 주어진다.

수학식 9

[0052]

$$d_{\phi_l, \theta_l, \tau_l} = \left| \left(\mathbf{a}_{TX}^H(\theta_l) \otimes \mathbf{a}_{RX}(\phi_l) \right)^H \Phi_w \mathbf{M}_w \mathbf{a}_F^T(\tau_l) \right|$$

[0053]

[수학식9]를 최대화 하는 채널 경로를 탐색하며, 이는 [수학식 10]에 해당한다.

수학식 10

[0054]

$$\max_{\phi_l, \theta_l, \tau_l} d_{\phi_l, \theta_l, \tau_l}$$

[0055]

여기서 찾은 BMCC를 통해 $\mathbf{g}_{\phi_l, \theta_l, \tau_l} = \text{vec} \left\{ \mathbf{M}_w \text{vec} \left(\mathbf{a}_{RX}^H(\theta_l) \otimes \mathbf{a}_{TX}(\phi_l) \right) \mathbf{a}_F^T(\tau_l) \right\}$ 을 계산하고, 추출된 값과 Φ_w 과의 최소제곱해를 구하여 이득(α_l)을 추정할 수 있다. 따라서, [수학식11]을 통해 θ_l , ϕ_l , τ_l 성분을 제거한 후 잔존(residual) 측정행렬을 업데이트한다.

수학식 11

[0056]

$$\mathbf{M}_w \leftarrow \mathbf{M}_w - \alpha_l \mathbf{g}_{\phi_l, \theta_l, \tau_l}$$

[0057]

[수학식 11]에 업데이트된 $\mathbf{M}_w$ 으로 [수학식10]에 의해 BMCC를 다시 탐색하며, BMCC가 특정 기준 조건을 만족할 때까지 탐색 과정을 반복한다. 예를 들어, BMCC의 값의 임계값을 두고, 이 임계값을 넘는 BMCC가 더 이상 존재하지 않을 때까지 탐색 과정을 반복할 수 있다. 또한 BMCC를 추출하기 위한 다양한 방식을 고려할 수 있으므로, OMP 외의 알고리즘을 사용해도 무방하다.

[0058]

본 개시의 실시예들에서, 고려되는 채널 구성 요소들은 AoA, AoD와 같은 각도, 1번째 채널 path에 해당하는 gain α_l , 그리고 delay로 구분된다. 채널 구성 요소들의 정확한 값들을 검출하기 위해서는 비교적 많은 수의 파일럿 신호들이 필요할 뿐만 아니라, 큰 복잡도 역시 수반될 수 있다. 하지만, 대략적인 채널 구성 요소들의 값들만을 검출하기 위해서는 양자화된 그리드(grid)를 이용하여 비교적 적은 수의 파일럿 신호들이 사용될 수 있다. 따라서, 각 채널 구성 요소의 전체 그리드 범위 내에 측정 행렬(measurement matrix)을 투영한 값을 [수학식 9]라 하며, 이 중 [수학식 10]을 통해 가장 큰 값을 가지는 AoA, AoD, 그리고 delay를 찾을 수 있다. 반면 [수학식 11]에 있는 α_l 은 [수학식 1]의 α_l 과 동일한 것이며, [수학식 10]에서 구한 BMCC로 α_l 을 추정할 수

있다.

- [0059] 본 개시의 실시 예들에서, 채널 구성 요소들은 AoA, AoD, 및 delay 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 개시의 실시 예들에서는 AoA, AoD, 및 delay를 채널 구성 요소들의 일 예로 하여 설명하지만, AoA, AoD, 및 delay 뿐만 아니라 다양한 파라미터들이 채널 구성 요소들로 사용될 수 있다.
- [0060] 본 개시의 실시 예들에서, 파일럿 신호들에 기반하여 채널 구성 요소들 각각에 대한 값이 측정될 수 있으며, 채널 구성 요소들 각각의 측정값 중 설정된 임계값 이상인 측정 값을 가지는 채널 구성 요소를 BMCC라 칭하기로 한다. 예를 들어, 채널 구성 요소가 AoA일 경우, 파일럿 신호들에 기반하여 측정되는 AoA의 측정값들 중 임계값 이상인 AoA의 측정값이 존재할 경우, 임계값 이상인 측정 값을 가지는 AoA가 BMCC가 될 수 있다.
- [0061] 이와 같은 채널 추정 과정에서 파일럿 신호의 심볼의 수가 작을 경우에는 잘못된 경로들이 다수 추출되어 복구된 채널의 정확성이 떨어지고, 이로 인하여 빔 선택의 성능이 열화될 수 있다. 즉, 파일럿 신호의 수(또는 길이)에 따라 BMCC를 구하는 정확도가 달라지게 되며, 이런 문제를 해소하기 위해서 충분한 파일럿 신호를 확보해야 한다. 하지만 파일럿 신호의 개수 증가에 따른 오버헤드를 고려해야 하며, 따라서 소수개의 파일럿 신호의 특성들만으로 다수개의 파일럿 신호로 확보 가능한 수준의 채널 특성을 재생하는 작업이 요구된다. 적은 수의 파일럿으로도 정확도가 높은 채널 추정이 가능하도록 사전에 딥러닝 방식에 의해 훈련된 신경망을 사용하여 제한된 파일럿 신호만으로도 채널 정확도를 높이는 재생 작업을 수행할 수 있다.
- [0062] 이와 같은 채널 추정 및 딥러닝 기반 재생 작업을 결합하여 점진적 채널 추정을 이용한 빔 선택 방식을 수행할 수 있다. 초기에는 적은 수의 주기적인 파일럿 신호를 사용하고, 이를 통해 추출된 BMCC의 수와 크기를 확인한다. 이를 통해 채널의 가시선(line of sight: LoS) 여부, 대략적인 경로의 AoA 및 AoD 등과 같은 채널의 주요 특성을 확인할 수 있다. 특정 임계값을 넘는 BMCC(θ_i, ϕ_i, τ_i)들이 추출되면, 그 채널 구성 요소 값들 중에서 최대값을 가지는 BMCC에 해당하는 빔을 선택하거나 또는 다수 개의 BMCC들에 대한 선형 결합을 통해서 가장 유사한 빔을 선택할 수도 있다.
- [0063] 만일에 채널 구성 요소 값이 임계값을 넘는 BMCC가 추출되지 않은 경우에는 파일럿 신호의 해상도 개선을 수행할 수 있다. 이는 딥러닝 기반의 신경망(neural network: NN)를 통해 보다 정교한 채널 특성을 갖도록 하는 재생 작업이다. 이 때, 채널 특성 재생 과정에서 적은 양의 파일럿 신호로 얻은 측정 행렬(measurement matrix)을 목표 양의 파일럿 신호로 얻을 수 있는 측정 행렬의 차원으로 매핑(mapping)하기 위한 보간법(interpolation)이 선행되어야 한다. 이 때, 부정확한 interpolation은 NN으로 나온 측정 행렬의 정확도에 매우 영향을 주게 된다. 따라서, 빔 결정 단계에서 선택된 빔의 RSRP가 특정 임계값보다 좋지 않을 경우에는 빔 선택의 주체가 되는 BS 혹은 UE는 추가 파일럿을 요청하는 제어 정보를 보낸다. 이러한 추가적인 파일럿 신호를 이용한 interpolation을 통해 해상도를 높일 수 있게 된다. 이를 통해 보다 향상된 해상도의 측정행렬이 확보되면 다시 앞에서 수행된 BMCC 추출 과정을 반복한다. 그리고, 향상된 해상도의 측정행렬로 추출된 BMCC 중에서 채널 구성 요소 값이 임계값을 넘는 것들을 이용하여 동일한 방법으로 빔을 선택하게 된다.
- [0064] 한편, 채널 구성 요소 값이 임계값을 넘는 BMCC가 탐색되지 않은 경우에는 BS 혹은 UE는 추가적인 파일럿 신호를 요청하는 제어 신호를 보낸다. 이를 통해 충분한 해상도의 측정행렬이 확보되면 더 높은 정확도로 BMCC들이 추출 가능하며, 채널 복원을 통해 더 높은 정확도의 부반송파 단위의 안테나 요소별 채널을 확보할 수 있다. 따라서 완벽에 가까운 송신장치에서의 채널 상태 정보(channel state information at the transmitter: CSIT) 혹은 수신장치에서의 채널 상태 정보(CSI at the receiver: CSIR)이 확보되므로, 선택적으로 복원된 채널을 이용하여 특잇값 분해(singular value decomposition: SVD)의 수행 등으로 최적의 빔 선택을 하거나 또는 다중 사용자 다중입 다중 출력(multiple input multiple output: MIMO)의 성능을 높이는 데에도 활용될 수도 있다.
- [0065] 도 2, 도3, 도4, 도5, 도6는 본 개시에 따른 실시예로서, 각기 다른 특성의 채널에서 OMP 방식에 의해 BMCC를 추출한 결과를 나타낸 것이다. 본 실시예에서는 $N_t=16$ 와 $N_r = 64$ 를 가정한다. 또한, θ, ϕ 의 해상도는 $G=64$ 로 하였으며, 지연 시간의 해상도는 $T=4000$ 으로 설정한 것이다.
- [0066] 한편, 도 2, 도3, 도4, 도5는 LoS 채널에서의 실시예를 나타낸 것이며, 도 6은 Non-LoS 채널에서의 실시예를 나타낸 것이다.
- [0067] 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따라, 파일럿 신호의 수(M), $M=100$ 일 때, d_{θ, ϕ, τ_i} 의 초기값을 나타낸 그래프이다.

여기서, (ϕ_i^*, θ_i^*) 은 각 지연 시간 성분 τ_i 별로 그리드 내에서 $d_{\phi_i, \theta_i, \tau_i}$ 를 최대로 하는 최적의 AoA와 AoD이다. 도 2에서 A1선은 임계값을 나타내며, 이 임계값을 넘는 BMCC의 수가 총 2개인 상황을 예시한 것이다. 여기서 OMP를 통해 모든 BMCC들이 임계값 아래로 들어오도록 반복적으로 BMCC를 추출할 수 있다.

[0068] 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따라, M=100일 때, BMCC를 구하는 방식으로 이득(α_l)을 이용하여 경로를 추출하는 결과를 나타낸 그래프이다. 도 3을 참고하면 최종적으로 총 3개의 경로가 추출된 것을 나타낸다.

[0069] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따라, M=10일 때 각 지연 성분 τ_i 별로 $d_{\phi_i, \theta_i, \tau_i}$ 의 초기값을 나타낸 그래프이다. 도 4 내의 A2선은 미리 결정한 임계값이며, 이때 도 2와 달리 임계값을 넘는 BMCC가 다수 개 존재하는 것을 볼 수 있다. 이는 파일럿 신호의 수가 상대적으로 적은 10개로 제한되어서 채널의 희소성이 깨지는 상황에 해당하며, 따라서 최적의 채널 요소를 추출할 수가 없는 경우이다.

[0070] 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따라, M=100(S1)과 M=10(S2)일 때, 지연 시간과 이득(α_l)을 나타낸 그래프이다. 도 5는 각각 추출된 BMCC를 토대로 복구한 채널이다. M=100일 때는 도 3에서 보았듯이 총 3개의 경로가 추출되었으나, 동일한 채널임에도 M=10일 때는 수많은 원하지 않는 경로(채널 구성 요소 값이 낮은)들이 추출된 것을 확인할 수 있다. 그러나 테스트를 위한 채널이 line of sight (LoS)이므로, M=100과 M=10의 두 가지 경우 모두 우세한 경로(T1)를 확보하고 있음을 확인할 수 있다. 이 경우, LoS 방향으로 최적의 아날로그 빔을 선택할 수 있다.

[0071] 도 6은 본 개시의 일 실시예에 따라, NLoS (Non-LoS) 채널에서 M=100과 M=10일 때, 지연 시간과 이득(α_l)을 나타낸 그래프이다. 도 6은 추출된 BMCC를 토대로 복구된 최종적으로 추정된 채널을 나타내는 것을 예시한 것이다. 도 5에서 보았듯이 M=100(S3)과 달리, M=10(S4) 일 때는 원하지 않는 경로들(채널 구성 요소 값이 낮은)이 다수 추출되어 복구된 채널의 부정확성으로 인해 최적의 빔을 찾기 어려운 상황이다. 즉, 파일럿 신호의 수에 따라 BMCC의 정확도가 달라지는 것을 확인할 수 있으며, 높은 정확도의 BMCC를 획득하기 위해 충분한 파일럿 신호가 확보되어야 함을 확인할 수 있다. 하지만 파일럿 신호의 개수 증가에 따른 오버헤드를 고려해야 하며, 따라서 소수 파일럿 신호의 특성들만으로 다수 파일럿으로 확보 가능한 수준의 채널 특성을 재생하는 작업을 수행하는 것을 고려할 수 있다. 적은 수의 파일럿 신호로도 정확도가 높은 채널 추정이 가능하도록 사전에 딥러닝에 의해 훈련된 신경망을 사용하여 제한된 파일럿 신호만으로도 채널 정확도를 높이는 재생 작업을 수행할 수 있다.

[0072] 도 7은 본 개시의 일 실시예에 따라, 수신 파일럿 신호와 whitening에 의해 측정 행렬 $\mathbf{M}_w$ 가 주어졌을 때 특정 임계값 η_l 을 넘는 N_l , $i=1$ 혹은 2인 BMCC를 추출하는 순서도를 도시한 것이다. 먼저, [수학식 9], [수학식 10], 그리고 [수학식 10]에서 설명된 OMP를 통해 N_0 개의 BMCC를 찾는다(S710). N_0 개의 BMCC로부터 $\alpha_l, l=1, \dots, N_{\text{총}}$ 얻을 수 있다. 최초 l 값을 1로, N_l 값을 0으로 가정한다(S720). BMCC는 반복 계산을 통해 추출될 수 있다. 여기서 주기적으로 수신하는 파일럿 신호의 수는 매우 적기 때문에 (예를 들어, M=5), BMCC는 부정확할 수 있지만 채널 path에 해당하는 gain 값 α_l 이 일정 임계값 η_l 보다 크기가 큰 경로는 우세 경로라고 생각하여, 빔 선택에 사용되는 N_l 개의 BMCC로 설정한다. 즉, η_l 는 OMP에서 사용되는 임계값보다 높은 값이 사용되어야 하며, $N_0 \geq N_l$, $i=1$ 혹은 2의 관계를 갖는다. l 이 N_0 보다 크거나 같은지 여부를 판단한다(S730). l 이 N_0 보다 큰 경우 곧바로 N_l 가 결정된다. l 이 N_0 보다 작거나 같은 경우 얻은 이득(α_l)이 임계값 η_l 보다 크거나 같은지 판단한다(S740). 판단의 결과 얻은 이득(α_l)이 임계값 η_l 보다 크거나 같은 경우 N_l 에 1을 더한다(S750). 그 후에 l 에 1을 더하여 반복 횟수를 증가시킨다. 또는 판단의 결과 얻은 이득(α_l)이 임계값 η_l 보다 작은 경우 곧바로 l 에 1을 더하여 반복 횟수를 증가시킨다. 도 7에서 기 방식은 OMP 방식을 이용하여 BMCC를 추정하는 것으로 기재되었지만, OMP 방식에 제한되는 것은 아니다.

[0073] 도 8은 본 개시의 일 실시예에 따라 채널 추정을 통한 빔 선택 방식의 전체 순서도이다. 먼저 UE는 BS로부터 적은 수의 주기적인 파일럿 신호(기준 신호)를 수신한 후(S802), 도 7에서 설명된 것과 동일 또는 유사한 방식으로 N_1 개의 기준 채널 구성 요소 값(BMCC)를 추출한다(S804). 상기 파일럿 신호를 수신하고 BMCC를 추출하는 과정을 통해 채널의 LoS 여부, 대략적인 경로의 AoA 및 AoD 등과 같은 채널의 주요 특성을 확인할 수 있다. 도 7의 절차에 따른 최종적으로 추출된 BMCC에 대해서, 그 채널 구성 요소 값의 크기가 특정 임계값 η_1 보다 큰 BMCC의 개수를 N_1 이라고 한다. UE는 $N_1 \geq 1$ 인지 여부를 확인한다(S806). $N_1 \geq 1$ 인 경우, 채널 구성 요소 값이 임계값을 넘는 추출된 BMCC가 1개 이상이므로 우세한 경로를 충분히 확보하였다고 생각하여 N_1 개의 BMCC 중 가장 큰 값을 가지는 (ϕ, θ_l) 에 의해 빔을 선택하거나 혹은 N_1 개의 BMCC에 대해서 $\left(\sum_{l=1}^{N_1} \mathbf{a}_{TX}(\phi_l), \sum_{l=1}^{N_1} \alpha_l \mathbf{a}_{RX}(\theta_l) \right)$ 의 형태로 선형 결합된 빔을 형성할 수 있다(S808).

[0074] 한편, S806단계에서 $N_1=0$ 인 경우에는 우세한 경로의 BMCC가 추출되지 않은 상황이므로, 점진적인 채널 개선을 위해 빔 선택의 주체가 되는 BS 혹은 UE는 추가 파일럿을 요청하는 제어정보를 송신한다(S814). 이는 추가적인 파일럿 개수를 늘려 채널의 정확도를 늘리기 위한 것이다. 추가되는 파일럿 신호는 비주기적 파일럿 신호로 수신할 수 있다(S816).

[0075] 수신된 비주기적 파일럿 신호의 추가로 충분한 해상도의 측정행렬이 확보되면 더 높은 정확도의 BMCC들이 추출 가능하며, 채널 복원을 통해 더 높은 정확도의 부반송파 단위의 안테나 요소별 채널을 확보할 수 있다(S818). S818단계에서 BMCC를 추출한 뒤, 추출된 BMCC의 채널 구성 요소 값의 크기가 특정 임계값 η 보다 큰 BMCC의 개수 N_2 를 확인한다(S820). N_1 과 마찬가지로 $N_2 \geq 1$ 이면, N_2 개의 BMCC에서 최대값을 사용하거나 또는 각도간 선형 결합을 통해 빔을 선택하거나 생성할 수 있다(S808). $N_2 \geq 1$ 이 아니면 S814 단계로 돌아가서 BS로 다시 추가적인 파일럿 신호를 요청하는 제어신호를 송신할 수 있다. 추가적으로, 결정된 BMCC들을 이용하여 채널 추정을 수행할 수 있다(S822).

[0076] S808단계에서 선택한 빔의 신호 품질을 판단한다.(S810) 상기 신호 품질에는 RSRP(reference signals received power)가 포함될 수 있다. 상기 신호 품질이 미리 결정한 임계값 η_2 보다 좋지 않을 경우, 빔 선택의 주체가 되는 BS 혹은 UE는 추가적인 파일럿을 요청하는 제어 정보를 보낼 수 있다. 상기 신호 품질이 미리 결정한 임계값 η_2 보다 높은 경우, 해당 빔을 이용하여 신호를 송, 수신 할 수 있다(S812).

[0077] 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따라 딥러닝 기술을 기반으로 채널 추정을 통한 빔 선택 방식의 전체 순서도이다. 먼저 UE는 BS로부터 적은 수의 주기적인 파일럿 신호(기준 신호)를 수신한 후(S902), 도 7에서 설명된 것과 동일 또는 유사한 방식으로 N_1 개의 BMCC를 추출한다(S904). 빔선택을 위한 반복(iteration) 횟수를 i 라고 하면 주기적 파일럿 신호가 수신됨과 동시에 i 는 0으로 초기화가 되어 BMCC를 찾는다. 상기 주기적 파일럿 신호를 수신하고 BMCC를 추출하는 과정을 통해 채널의 LoS 여부, 대략적인 경로의 AoA, AoD, 및 지연시간 등과 같은 채널의 주요 특성을 확인할 수 있다. 도 7의 절차에 따라 최종적으로 추출된 BMCC에 대해서, 그 크기가 특정 임계값 η 보다 큰 BMCC의 수를 N_1 이라고 한다. UE는 $N_1 \geq 1$ 인지 여부를 확인한다(S906). $N_1 \geq 1$ 인 경우, 채널 구성 요소 값이 임계값을 넘는 추출된 BMCC가 1개 이상이므로 우세한 경로를 충분히 확보하였다고 생각하여 N_1 개의 BMCC 중 가장 큰 값을 가지는 (ϕ, θ_l) 에 의해 빔을 선택하거나 혹은 N_1 개의 BMCC에 대해서 $\left(\sum_{l=1}^{N_1} \mathbf{a}_{TX}(\phi_l), \sum_{l=1}^{N_1} \alpha_l \mathbf{a}_{RX}(\theta_l) \right)$ 의 형태로 선형 결합된 빔을 형성할 수 있다(S908).

[0078] 한편, S906단계에서 $N_1=0$ 인 경우에는 우세한 경로의 BMCC가 하나도 추출되지 않은 상황이므로, 파일럿 신호의 해상도 개선을 수행할 수 있다. 이때는 딥러닝 기반으로 형성된 신경망(neural network, NN)를 통해 보다 정교한 채널 특성을 갖도록 하는 재생 작업이 수행될 수 있다.(S918) 이는 채널 특성의 재생 과정에서 상대적으로 적은 수의 파일럿 신호로 얻은 측정 행렬(measurement matrix)을, 목표로 하는 수의 파일럿 신호로 얻을 수 있

는 측정 행렬의 차원으로 mapping하기 위하여 보간법(interpolation)을 선행하는 것이다. 보간법을 수행하여 다시 BMCC를 추출한다.(S920). 이 때, 부정확한 interpolation이 수행될 경우 NN을 통하여 나온 측정 행렬의 정확도에 매우 영향을 주기 때문에 보간법을 통해 획득된 BMCC의 채널 구성 요소 값의 크기가 특정 임계값 η_3 (상기 임계값은 임계값 η_1 과 같을 수 있다.)보다 큰 BMCC의 수를 N_2 이라고 한다. UE는 $N_2 \geq 1$ 인지 여부를 확인한다(S922). S922 단계에서 $N_2 \geq 1$ 가 아닌 경우 빔 선택의 주체가 되는 BS 혹은 UE는 추가 파일럿 신호를 요청하는 제어 정보를 송신할 수 있다.(S914) 이는, 수신된 비주기적 파일럿 신호의 추가로 충분한 해상도의 측정행렬이 확보되면 더 높은 정확도로 BMCC들이 추출 가능하며, 채널 복원을 통해 더 높은 정확도의 부반송파 단위의 안테나 요소별 채널을 확보할 수 있다.

[0079] 상기 추가 파일럿 신호의 요청에 따라 비주기적인 파일럿 신호를 수신한다(S916). 추가적인 파일럿 신호를 이용하여 S918단계의 NN을 이용한 보간법을 통하여 파일럿 신호의 해상도 개선을 수행한다. 보간법을 통하여 다시 한번 BMCC를 추출한 뒤(S920) 획득된 BMCC의 그 크기가 특정 임계값 η_3 보다 큰 BMCC의 수를 확인하고 UE는 $N_2 \geq 1$ 인지 여부를 확인한다(S922). $N_2 \geq 1$ 인 경우, 도 8에서의 빔 선택 방법과 마찬가지로 N_2 개의 BMCC에서 최대값을 사용하거나 또는 각도간 선형 결합을 통해 빔을 선택하거나 생성한다(S908). 추가적으로, 결정된 BMCC들을 이용하여 채널 추정을 수행할 수 있다(S924).

[0080] S908단계에서 선택한 빔의 신호 품질을 판단한다.(S910) 상기 신호 품질에는 RSRP(reference signals received power)가 포함될 수 있다. 상기 신호 품질이 미리 결정한 임계값 η_2 보다 높지 않을 경우, iteration의 수를 증가시킨다(S926). 여기서 i 가 1보다 큰지를 판단하여(S928) $i=0$ 인 경우에는 추가적인 파일럿 신호의 요청 없이 신경망 보간법으로 다시 BMCC를 찾을 수 있으나 $i>1$ 인 경우에는 BMCC를 못찾았거나 잘못된 값을 찾은 것이므로 반드시 추가 파일럿을 요청한다. 빔 선택의 주체가 되는 BS 혹은 UE는 추가 파일럿 신호를 요청하는 제어 정보를 보낼 수 있다.(S914) 상기 신호 품질이 미리 결정한 임계값 η_2 보다 좋은 경우, 해당 빔을 이용하여 신호를 송,수신 할 수 있다.(S912)

[0081] 도 10은 NN(신경망)의 구현에 대한 실시예로서 고해상도 컨벌루션 신경망(super resolution convolutional NN: SRCNN) 구조를 나타낸 것이다. SRCNN은 이미지 프로세싱에서 저해상도의 이미지를 고해상도로 복원시키기 위한 NN으로서, 저해상도의 측정행렬을 고해상도의 측정행렬로 복원하기 위한 구조의 NN이다. SRCNN의 입출력 데이터는 파일럿 신호와 관련된 데이터일 수 있다. 도 10에서 세로축은 주파수 영역의 서브캐리어를 나타내고, 가로축은 파일럿 신호의 번호를 나타낸다. 도 10에서는 20X20개를 나타낸 것이다. 딥러닝 트레이닝을 위해 각 BS 혹은 UE는 명확한 BMCC 추출을 위한 충분한 양의 파일럿($M \geq 100$)을 수신한다. 수신한 측정행렬 $\mathbf{M}_w^{(M=100)}$ 을 통해 실제 주기적 파일럿에 필요한 파일럿 신호의 개수 (예를 들어, $M=5$)만큼의 열을 임의로 추출하여 $\mathbf{M}_w^{(M=5)}$ 를 생성하고, 추출된 5개의 파일럿 신호를 이용하여 실제 $M=100$ 일때의 측정행렬을 나타내도록 동작을 반복하는 SRCNN 딥러닝 트레이닝을 진행한다. 딥러닝이 수행된 NN은 주기적 파일럿 신호를 통해 획득 가능한 파일럿 신호의 수 (예를 들어, $M=5$)를 이용한 것과 같은 해상도를 가지는 측정행렬을 충분한 수의 파일럿 신호($M \geq 100$)를 이용한 것과 같은 해상도를 가지는 측정행렬로 복원할 수 있다. 이와 같은 실시예와 달리, 이러한 목적을 달성할 수 있는 다른 구조의 NN을 사용해도 무방하다.

[0082] 도 11은 상향링크 및 하향링크에서 본 개시의 일 실시예에 따른 BS(101)와 UE(102)간 시그널링 절차를 나타낸 것이다. 도 11은 각각 하향링크에서 BS(101)와 UE(102)간의 신호 송, 수신 및 상향링크에서 BS(101)와 UE(102)간의 신호 송, 수신을 나타낸다. 상기 신호들의 송, 수신은 도 8 또는 도9의 실시 예들에 대응될 수 있다. 도 11은 임계값을 넘는 추출된 BMCC의 개수가 몇 개인지에 따라 절차들이 달라질 수 있다. 먼저 상향링크와 하향링크에서 모두 주기적 파일럿 신호를 수신하고 주기적 파일럿 신호를 통해 추출된 BMCC중 채널 구성 요소 값이 임계값을 넘는 빔의 수가 1개 이상인 경우 빔 선택 절차를 통해 선택된 빔을 이용하여 통신을 수행한다(A-1).

[0083] 추출된 BMCC 중 소정의 임계값을 넘는 빔의 수가 0개인 경우 BS(101) 또는 UE(102)는 UE(102) 또는 BS(101)에게 추가 파일럿 신호를 송신하도록 요청할 수 있다. 추가 파일럿 신호는 비주기적 신호를 통하여 BS(101) 또는 UE(102)로 수신된다. BS(101) 또는 UE(102)는 수신된 추가 파일럿 신호를 통해 BMCC를 추출하고 임계값이 넘는

빔을 선택하여 통신을 수행할 수 있다(A-2).

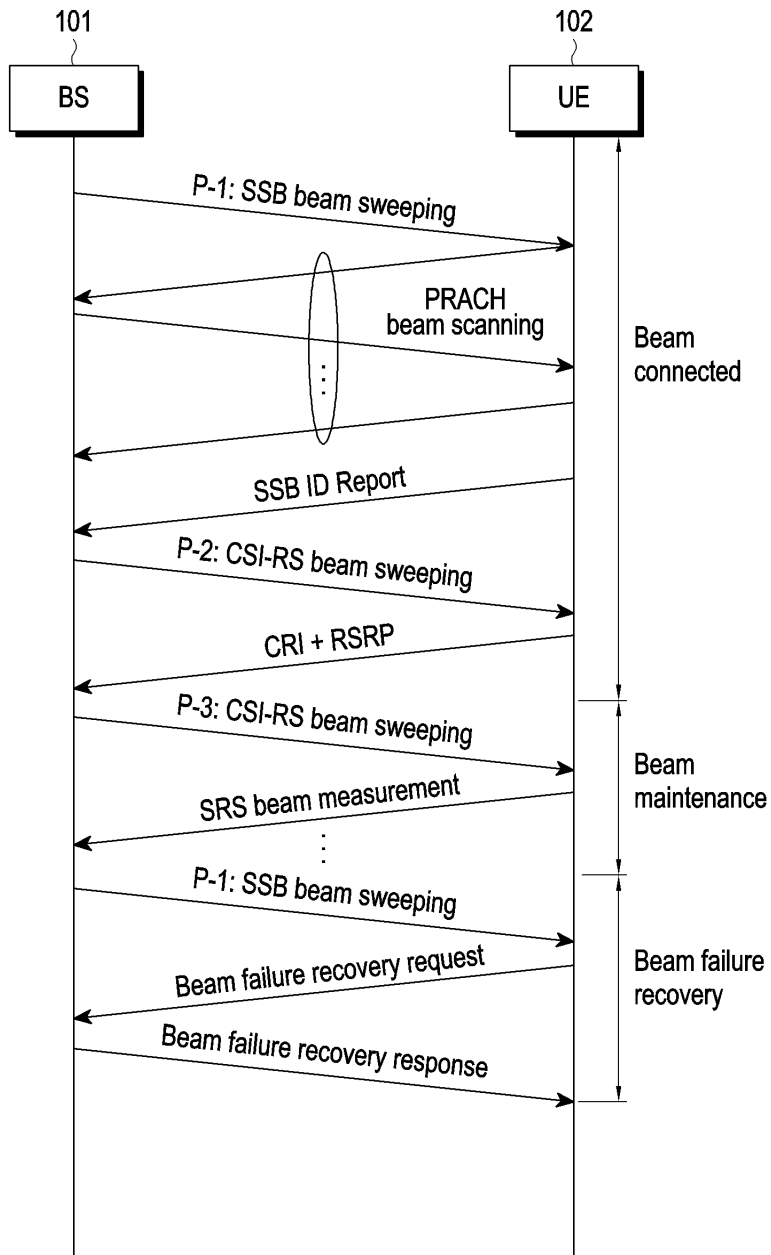
- [0084] 추가 파일럿 신호를 통해 획득한 BMCC가 소정의 임계값을 넘지만 빔들의 신호 품질이 소정의 임계값 η_2 보다 낮은 경우 BS(101) 또는 UE(102)는 추가 파일럿 신호를 요청할 수 있다. 상기 추가 파일럿 신호의 요청에 대응하여 비주기적 파일럿 신호를 수신할 수 있다(A-3).
- [0085] 추가 파일럿 신호를 통해 획득한 BMCC가 소정의 임계값을 넘고 빔들의 신호 품질이 소정의 임계값 η_2 보다 높은 경우, N_2 개의 BMCC에서 최대값을 사용하거나 또는 각도간 선형 결합을 통해 빔을 선택하거나 생성한다(A-4).
- [0086] 기본적으로 주기적인 파일럿의 경우에 5G의 CSI-RS와 같이 단말 특정(UE-specific) 파일럿 신호를 이용하여 송신하지만, QCL (quasi-co-location)와 같은 그룹-특정(specific) 파일럿 신호도 이용할 수 있다. 또한 하향링크의 경우에는 셀 특정(cell-specific) 파일럿 신호도 사용 가능하다. 비주기적인 파일럿 신호의 경우에도 역시 기본적으로 단말 특정(UE-specific) 파일럿 신호로 동작하지만, 하향링크의 경우에는 그룹-specific 파일럿 신호로도 운용할 수 있다.
- [0087] 도 12는 3가지의 다른 범위에 있는 SNR에 대해서 각기 다른 M 개의 파일럿을 이용하여 획득한 채널과 상대적으로 적은 수의 파일럿 신호 M 개를 이용하여 복원한 채널의 보통화된 평균 제곱 오차(normalized mean square error: NMSE) 성능을 비교한 실시예이며, 이때 임계값으로 $\eta_1=0.5$ 와 $\eta_2=0$ 을 가정하였다. 모든 SNR 범위에서 $M=80$ 일 때 채널의 성능보다 $M=10$ 에 NN 보간법을 통해 $M=100$ 인 측정행렬을 복원하여 계산한 채널의 성능이 더 좋은 것을 확인할 수 있다. 또한 주기적 혹은 비주기적 파일럿에 빔 쌍을 임의로 결정하는 것보다 환경에 맞는 최상의 빔 쌍으로 결정하는 것이 더 좋은 성능을 갖는 것으로 확인된다. 이는 환경에 맞는 빔 쌍으로 수신한 파일럿이 임의의 파일럿보다 더 의미 있는 채널의 특성을 갖고 있으며, interpolation을 더욱 정확하게 만들기 때문이다.
- [0088] 도 13은 다른 범위에 있는 SNR에 대해서 가장 좋은 빔을 선택했을 때의 빔 정확도를 나타내며, 도 10과 마찬가지로 임계값으로 $\eta_1=0.5$ 와 $\eta_2=0$ 을 가정하였다. $-20\text{db} \sim -11\text{db}$ 는 약 68%, $-11\text{db} \sim -6\text{db}$ 는 약 74%의 빔 정확도를 보이며, 특히 $-6\text{db} \sim 0\text{db}$ 의 SNR에서 거의 85% 빔 정확도를 보이며, SNR 범위가 증가할수록 거의 100%에 근접해 갈 것으로 예상된다.
- [0089] 도 14는 실제로 파일럿 신호가 수신되지 않는 상황에서 본 개시에서 제안된 점진적 채널 추정 방식이 적용되지 않는 상황을 고려한 하이브리드 방식의 구조를 나타낸 것이다. 즉, BS(101) 또는 UE(102)는 현재 초기 접속(Initial access) 과정이거나 또는 셀 경계 단말과 같이 커버리지가 소정의 임계값(η_4) 이상임을 판단하여 파일럿 수신이 가능한지 여부를 판단한다(S1410). S1410에서의 판단 결과 Initial access 과정이거나 커버리지가 임계값보다 작은 경우 RSRP 기반의 기존 빔 선택 방식을 이용한다(S1420). S1410에서의 판단 결과 파일럿 신호를 수신하는 커버리지가 임계값보다 큰 경우에는 본 개시에 따른 실시예를 통한 빔 선택 방식을 이용할 수 있으므로(S1430), 따라서, 기존의 빔 선택 방식과 본 개시에서 제안하는 빔 선택 방식은 상호 보완적으로 동작하게 될 것이다.
- [0090] 도 15는 본 개시의 일 실시예들에 따른 BS(1500)의 구조를 도시한 것이다. 도 15와 같이, 본 개시의 BS는 적어도 하나의 제어기(프로세서)(1510), 수신기와 송신기를 포함하는 송수신기(1520)를 포함할 수 있다. 상기 BS는 메모리(도시하지 않음)를 포함할 수 있다. 상기 송수신기(1520) 및 메모리는 상기 적어도 하나의 제어기(1510)의 제어에 따라 동작할 수 있도록 상기 적어도 하나의 제어기(1510)에 연결되어 있을 수 있다.
- [0091] 적어도 하나의 제어기(1510)는 본 개시의 도 1 내지 도 14의 실시 예들에 기재된 BS의 동작이 수행될 수 있도록 일련의 과정을 제어할 수 있다. 송수신기(1520)는 UE(1600) 및 다른 네트워크 장치와 신호를 송수신할 수 있다. 상기 신호는 제어 메시지와, 데이터 정보 등을 포함할 수 있다.
- [0093] 도 16은 본 개시의 일 실시예들에 따른 UE의 구조를 도시한 것이다. 도 16과 같이, 본 개시의 UE는 적어도 하나의 제어기(또는 프로세서)(1610), 수신기와 송신기를 포함하는 송수신기(1620)를 포함할 수 있다. 상기 단말은 메모리(도시하지 않음)를 포함할 수 있다. 상기 송수신기(1620) 및 메모리는 상기 적어도 하나의 제어기(1610)의 제어에 따라 동작할 수 있도록 상기 적어도 하나의 제어기(1610)에 연결되어 있을 수 있다.

- [0094] 적어도 하나의 제어기(1610)는 본 개시의 도 1 내지 도 14의 실시 예들에 기재된 UE의 동작이 수행될 수 있도록 일련의 과정을 제어할 수 있다. 송수신기(1620)는 BS(1500) 및 네트워크 장치와 신호를 송수신할 수 있다. 상기 신호는 제어 정보와, 데이터 등을 포함할 수 있다.
- [0096] 도 17은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UE의 내부 구조의 다른 예를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0097] 도 17에 도시되어 있는 UE의 실시 예는 오직 예시만을 위한 것이며, 따라서 도 17은 본 개시의 범위를 UE의 임의의 특정한 구현으로 제한하지는 않는다.
- [0098] 도 17에 도시되어 있는 바와 같이, UE는 안테나(1705), 무선 주파수(radio frequency: RF) 송수신기(1710), TX 프로세싱 회로(1715), 마이크론(microphone)(1720) 및 수신(receive: RX) 프로세싱 회로(1725)를 포함한다. UE는 또한 스피커(1730), 프로세서(제어기)(1740), 입/출력(input/output: I/O) 인터페이스(interface: IF)(1745), 터치 스크린(1750), 디스플레이(display)(1755) 및 메모리(1760)를 포함한다. 메모리(1760)는 운영 시스템(operating system: OS)(1761) 및 하나 혹은 그 이상의 어플리케이션(application)들(1762)을 포함한다.
- [0099] RF 송수신기(1710)는 안테나(1705)로부터 네트워크의 BS에 의해 송신된, 입력되는 RF 신호를 수신한다. RF 송수신기(1710)는 입력되는 RF 신호를 다운 컨버팅하여 중간 주파수(intermediate frequency: IF) 혹은 기저대역 신호로 생성한다. IF 혹은 기저 대역 신호는 RX 프로세싱 회로(1725)로 송신되고, RX 프로세싱 회로(1725)는 기저대역 혹은 IF 신호를 필터링, 디코딩, 및/혹은 디지털화하여 프로세싱된 기저대역 신호를 생성한다. RX 프로세싱 회로(1725)는 추가적인 프로세싱을 위해 프로세싱된 기저대역 신호를 스피커(1730)로(음성 데이터를 위해서와 같이) 혹은 프로세서(1740)(웹 브라우징 데이터(web browsing data)를 위해서와 같이)로 송신한다.
- [0100] TX 프로세싱 회로(1715)는 마이크론(1720)으로부터 아날로그 혹은 디지털 음성 데이터를 수신하거나, 혹은 프로세서(1740)로부터 다른 출력 기저 대역 데이터(웹 데이터, 이메일, 혹은 양방향 비디오 게임 데이터(interactive video game data)와 같은)를 수신한다. TX 프로세싱 회로(1715)는 출력 기저 대역 데이터를 인코딩, 다중화 및/혹은 디지털화하여 프로세싱된 기저대역 혹은 IF 신호로 생성한다. RF 송수신기(1710)는 TX 프로세싱 회로(1715)로부터 출력되는 프로세싱된 기저대역 혹은 IF 신호를 수신하고, 기저대역 혹은 IF 신호를 안테나(1705)를 통해 송신되는 RF 신호로 업 컨버트(up-convert)한다.
- [0101] 프로세서(1740)는 하나 혹은 그 이상의 프로세서들 혹은 다른 프로세싱 디바이스들을 포함할 수 있으며, UE의 전반적인 동작을 제어하기 위해 메모리(1760)에 저장되어 있는 OS(1761)을 실행할 수 있다. 일 예로, 프로세서(1740)는 공지의 원칙들에 따라 RF 송수신기(1710), RX 프로세싱 회로(1725) 및 TX 프로세싱 회로(1715)에 의한 다운링크 채널 신호들의 수신 및 업링크 채널 신호들의 송신을 제어할 수 있다. 몇몇 실시 예들에서, 프로세서(1740)는 적어도 하나의 마이크로 프로세서 혹은 마이크로 제어기를 포함한다.
- [0102] 본 개시의 다양한 실시 예들에서, 프로세서(1740)는 UE의 네트워크 접속과 세션을 관리하는 동작에 관련된 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 즉, 프로세서(1740)는 일 예로 도 1 내지 도 15에서 설명한 바와 같은 네트워크 접속과 세션을 관리하기 위한 동작에 대한 전반적인 동작을 제어할 수 있다.
- [0103] 프로세서(1740)는 데이터를 실행중인 프로세스에 의해 요구될 경우 메모리(1760) 내로 혹은 메모리(1760)로부터 이동시킬 수 있다. 몇몇 실시 예들에서, 프로세서(1740)는 OS 프로그램(1761)을 기반으로 혹은 기지국들 혹은 운영자로부터 수신되는 신호들에 응답하여 어플리케이션들(1762)을 실행하도록 구성된다. 또한, 프로세서(1740)는 I/O 인터페이스(1745)에 연결되고, I/O 인터페이스(1745)는 UE에게 랩탑 컴퓨터들 및 핸드헬드(handheld) 컴퓨터들과 같은 다른 디바이스들에 대한 연결 능력을 제공한다. I/O 인터페이스(1745)는 이런 악세사리들과 프로세서(1740)간의 통신 경로이다.
- [0104] 프로세서(1740)는 또한 터치 스크린(1750) 및 디스플레이 유닛(1755)에 연결된다. UE의 운영자는 터치 스크린(1750)을 사용하여 UE에 데이터를 입력할 수 있다. 디스플레이(1755)는 웹 사이트(web site)들로부터와 같은 텍스트 및/혹은 적어도 제한된 그래픽들을 렌더링(rendering)할 수 있는 액정 크리스탈 디스플레이, 발광 다이오드 디스플레이, 혹은 다른 디스플레이가 될 수 있다.
- [0105] 메모리(1760)는 프로세서(1740)에 연결된다. 메모리(1760)의 일부는 랜덤 액세스 메모리(random access memory: RAM)를 포함할 수 있으며, 메모리(1760)의 나머지 부분은 플래시 메모리 혹은 다른 리드 온니 메모리(read-only memory: ROM)를 포함할 수 있다.

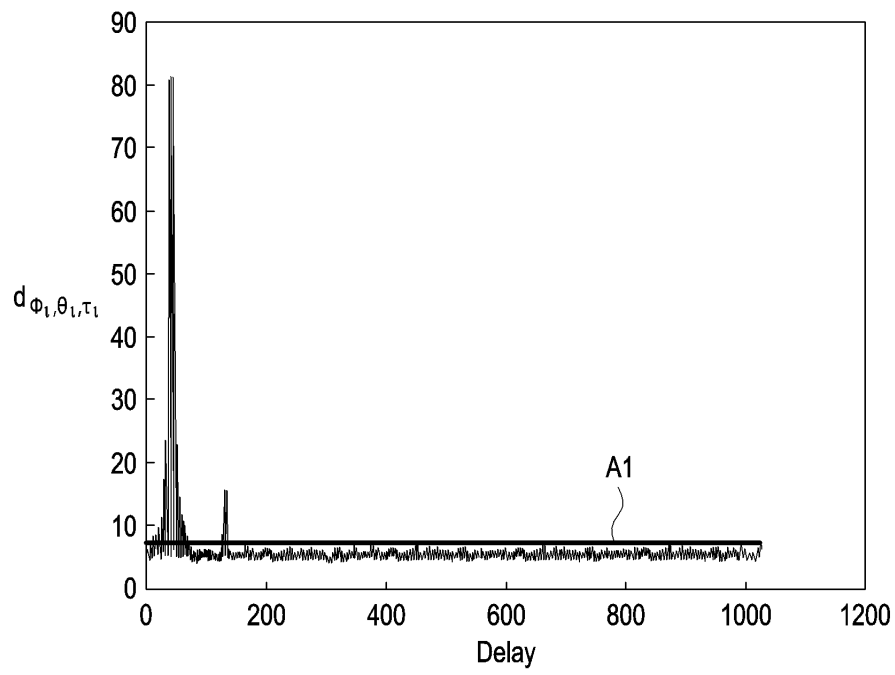
- [0106] 도 17이 UE의 일 예를 도시하고 있다고 할지라도, 다양한 변경들이 도 17에 대해서 이루어질 수 있다. 일 예로, 도 17에서의 다양한 컴포넌트들은 조합되거나, 더 추가 분할 되거나, 혹은 생략될 수 있으며, 다른 컴포넌트들이 특별한 필요들에 따라서 추가될 수 있다. 또한, 특별한 예로서, 프로세서(1740)는 하나 혹은 그 이상의 중앙 프로세싱 유닛(central processing unit: CPU)들 및 하나 혹은 그 이상의 그래픽 프로세싱 유닛(graphics processing unit: GPU)들과 같은 다수의 프로세서들로 분할될 수 있다. 또한, 도 17에서는 UE이 이동 전화기 혹은 스마트 폰과 같이 구성되어 있다고 할지라도, UE은 다른 타입들의 이동 혹은 고정 디바이스들로서 동작하도록 구성될 수 있다.
- [0108] 한편, 본 개시의 방법을 설명하는 도면에서 설명의 순서가 반드시 실행의 순서와 대응되지는 않으며, 선후 관계가 변경되거나 병렬적으로 실행될 수도 있다.
- [0109] 또는, 본 개시의 방법을 설명하는 도면은 본 발명의 본질을 해치지 않는 범위 내에서 일부의 구성 요소가 생략되고 일부의 구성요소만을 포함할 수 있다.
- [0110] 한편, 본 명세서와 도면에는 본 개시의 바람직한 실시 예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 개시의 기술 내용을 쉽게 설명하고, 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 개시의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예 외에도 본 개시의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.
- [0111] 즉, 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이며, 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

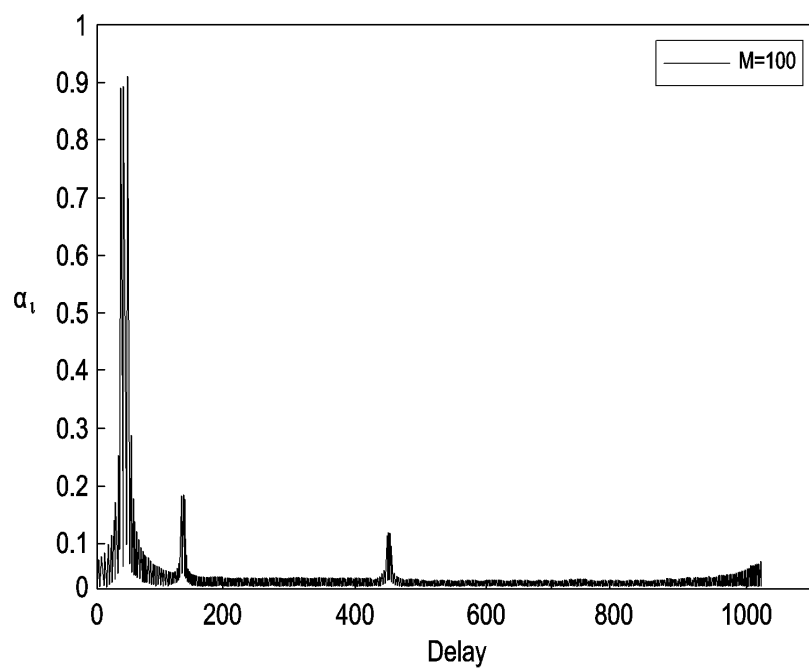
도면1



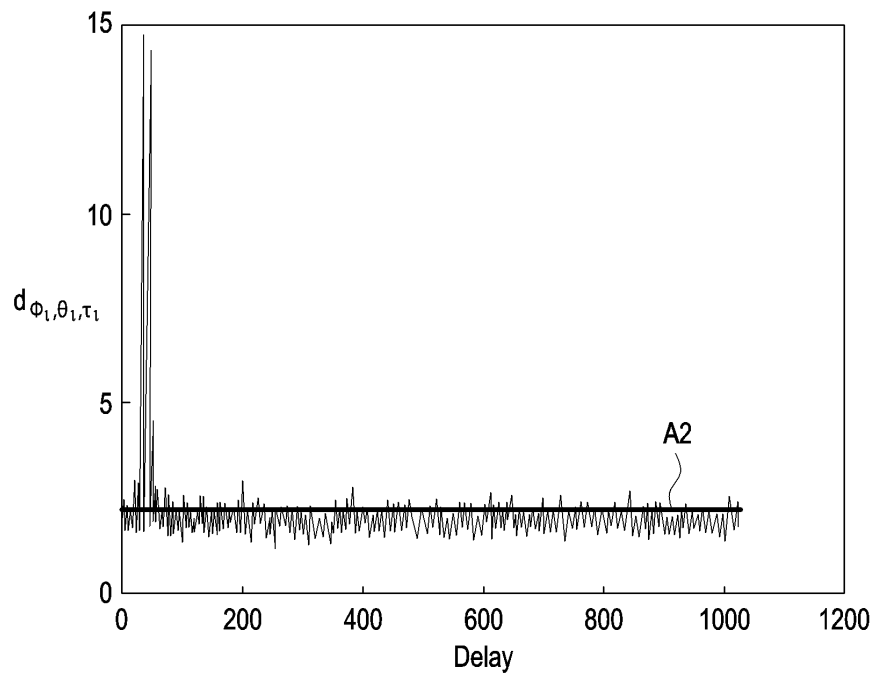
도면2



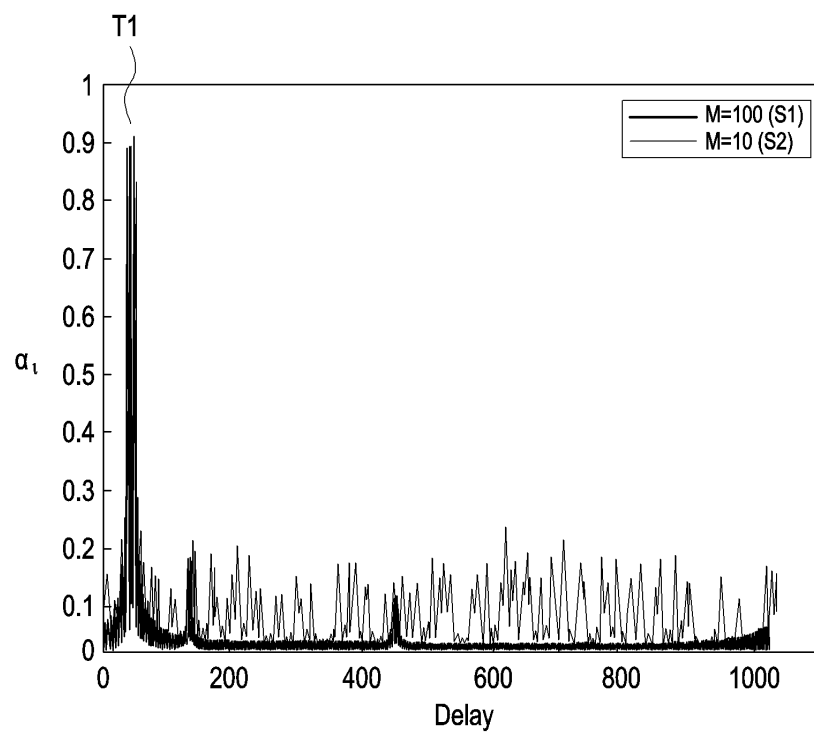
도면3



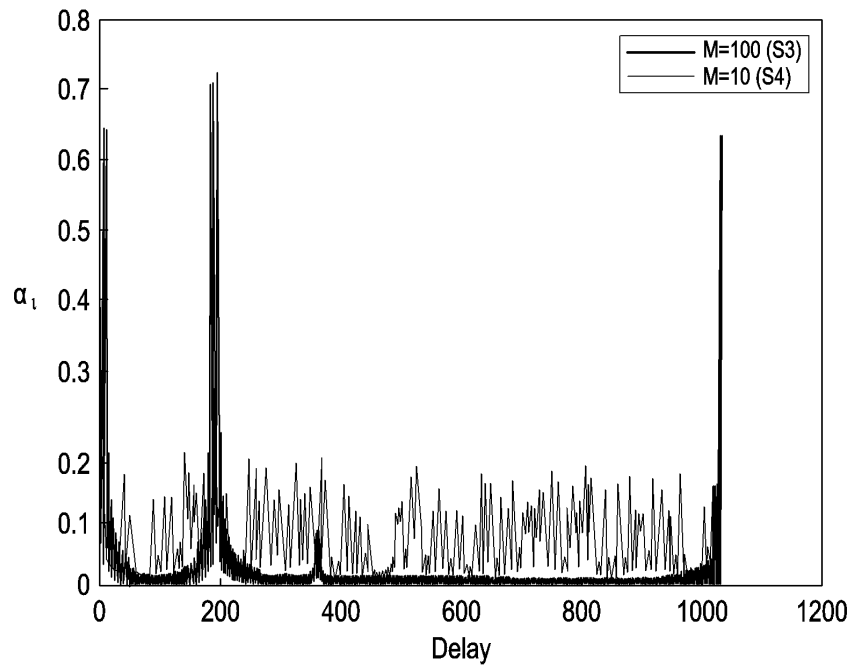
도면4



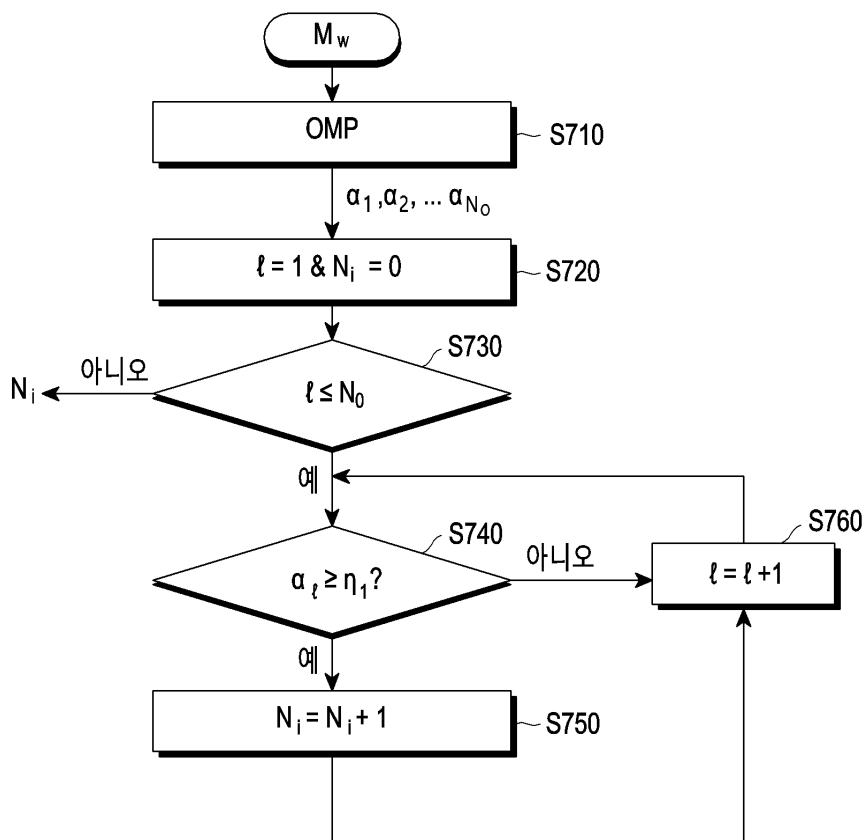
도면5



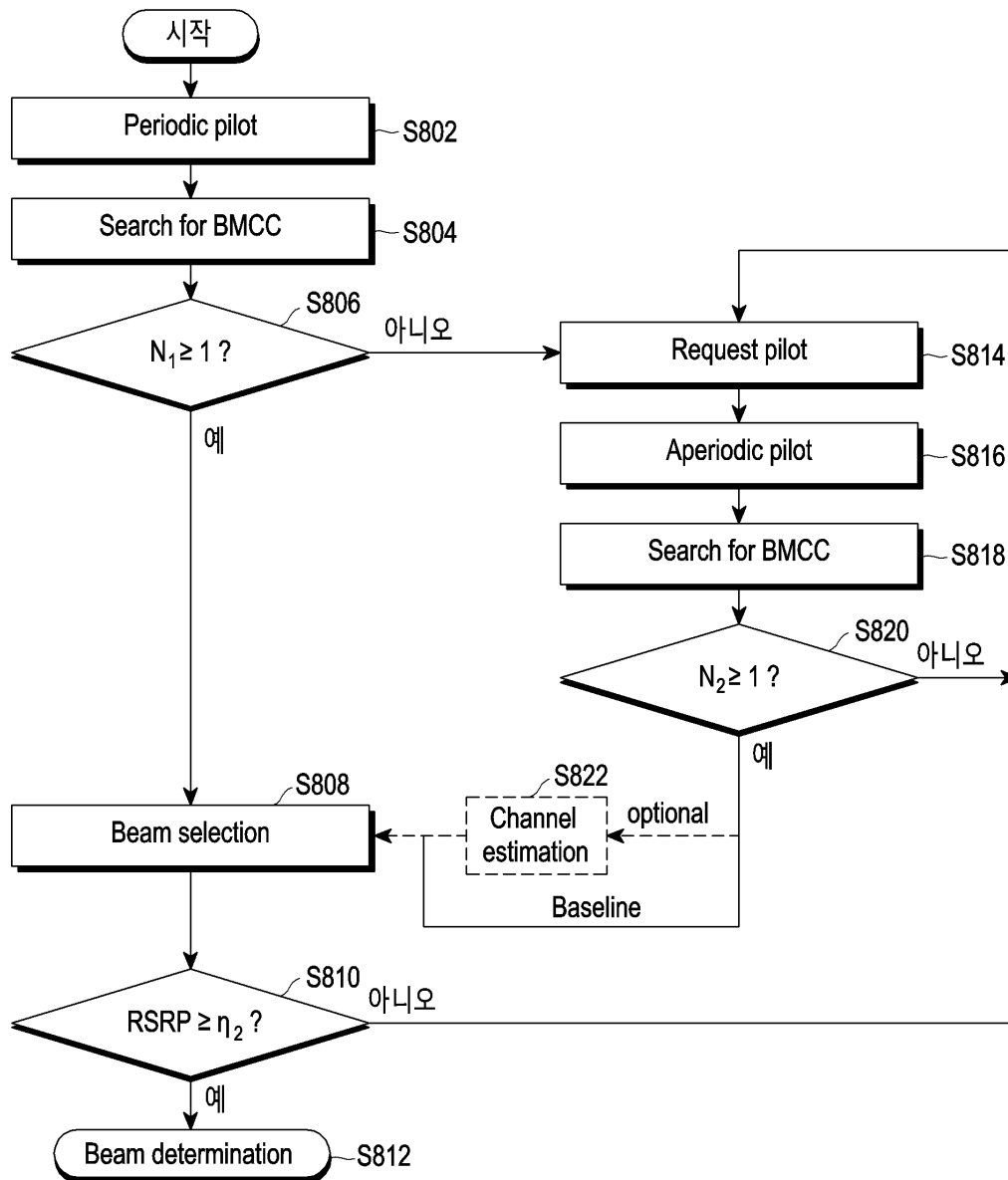
도면6



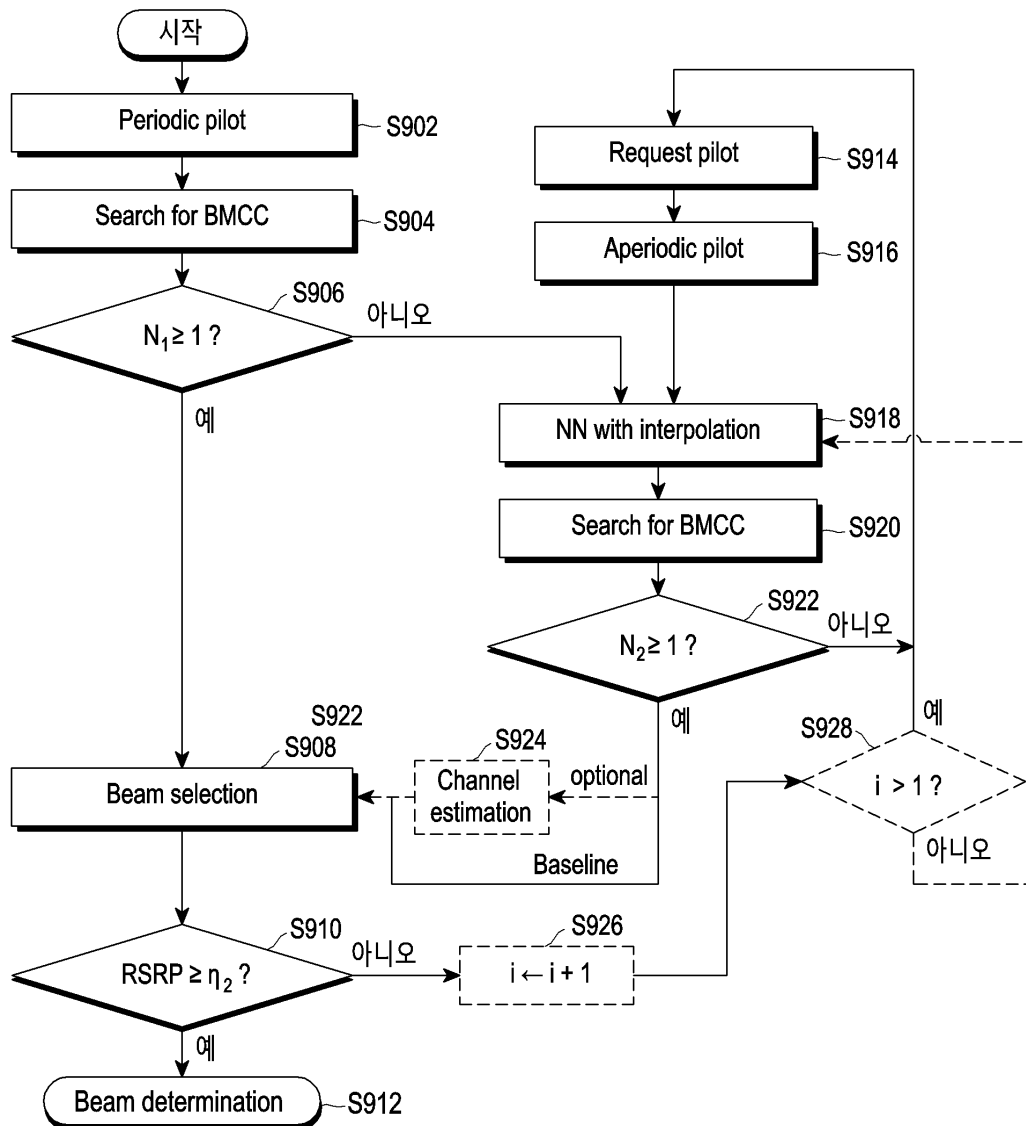
도면7



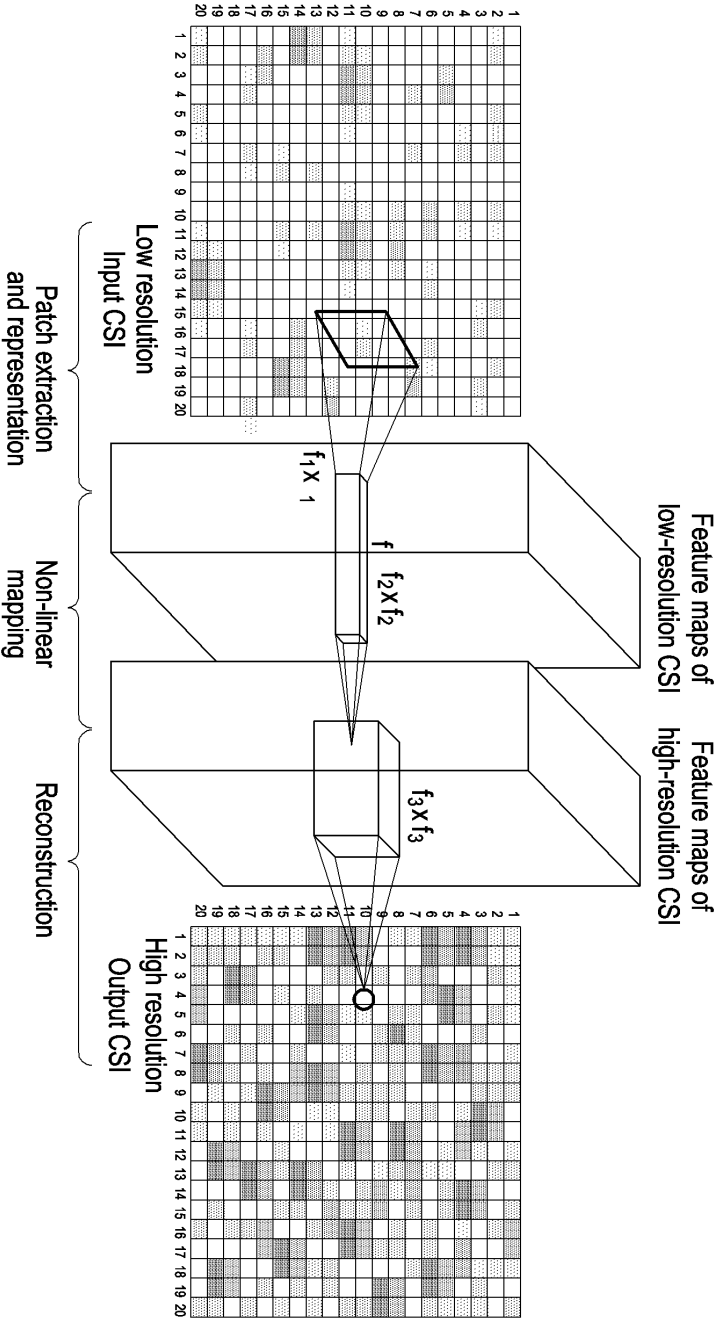
도면8



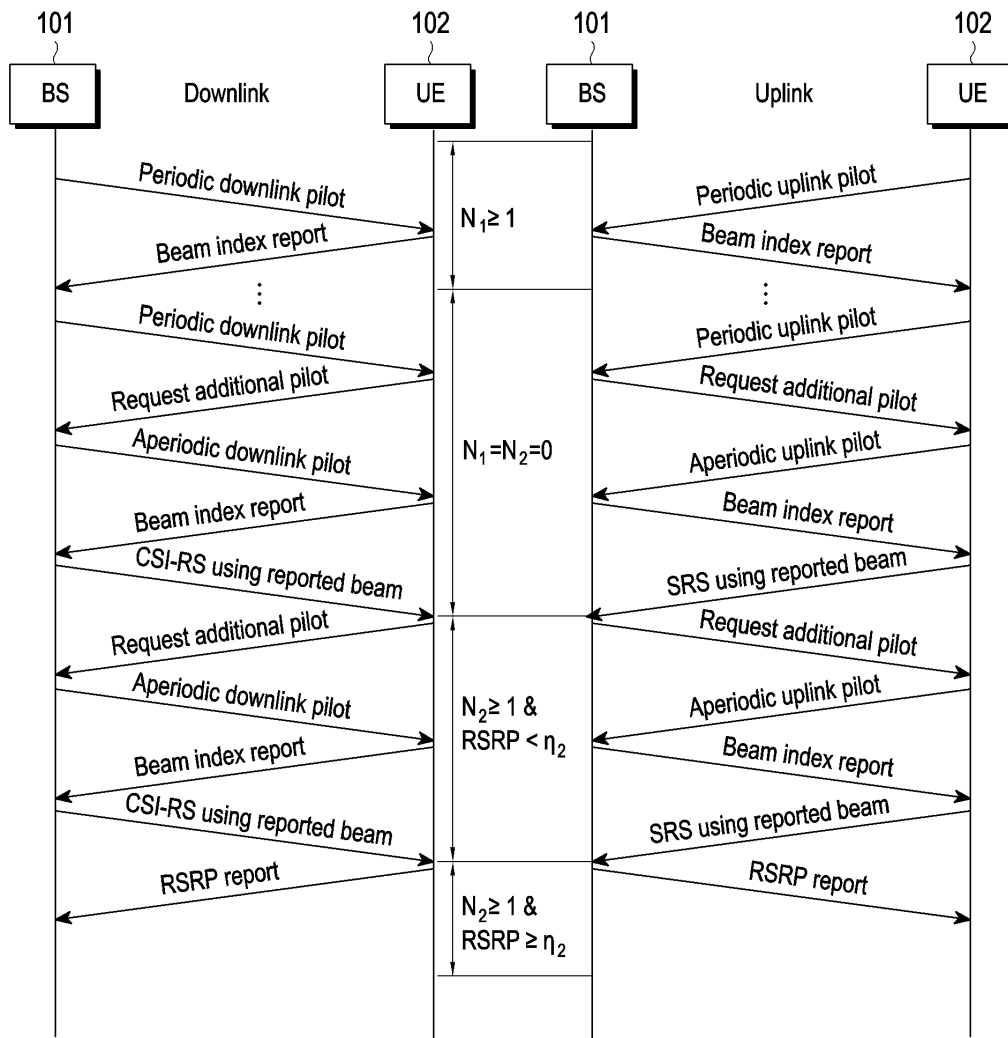
도면9



도면10



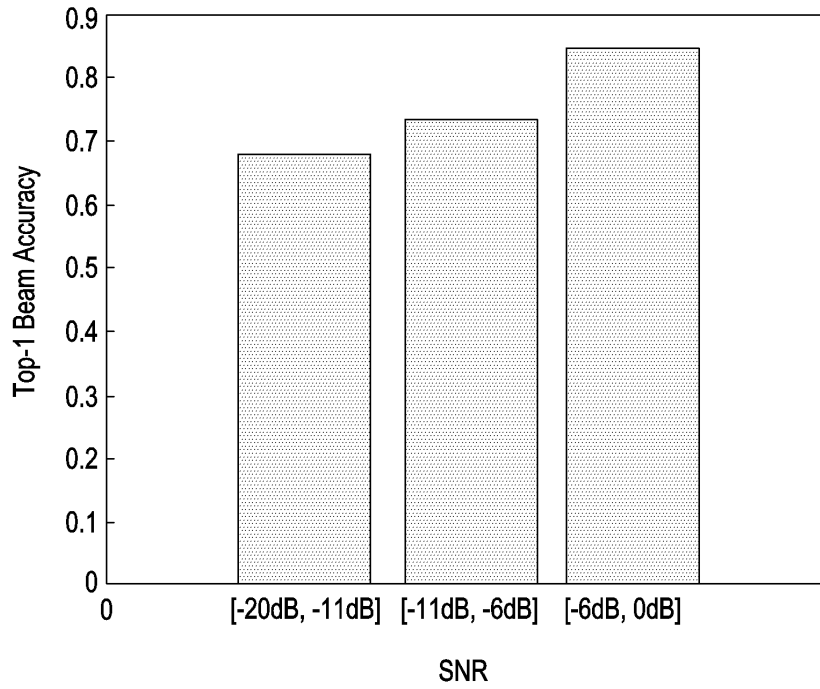
도면11



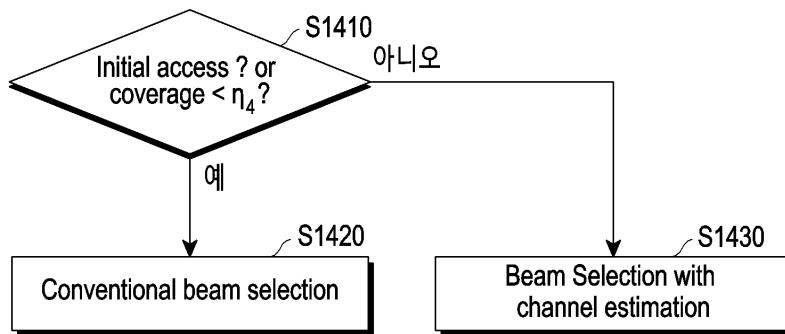
도면12

	SNR		
	[-20dB, -11dB]	[-11dB, -6dB]	[-6dB, 0dB]
Pilot length: 20	-11.7dB	-14.63dB	-17.98dB
Pilot length: 40	-15.04dB	-17.59dB	-20.78dB
Pilot length: 80	-17.82dB	-20.54dB	-24.24dB
Pilot length: 5 (randomly selected beam pairs) + SRCNN	-10.3dB	-13.21dB	-17.02dB
Pilot length: 10 (randomly selected beam pairs) + SRCNN	-13.4dB	-15.73dB	-21.11dB
Pilot length: 5 (highest beam pairs in BS) + SRCNN	-15.74dB	-18.01dB	-21.37dB
Pilot length: 10 (highest beam pairs in BS) + SRCNN	-18.22dB	-21.27dB	-25.54dB

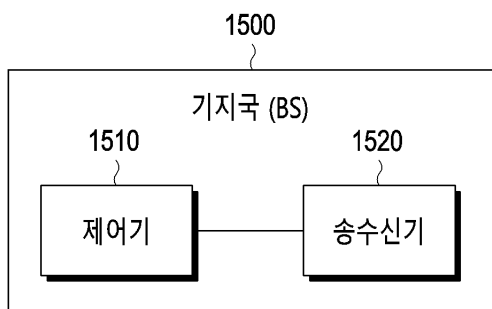
도면13



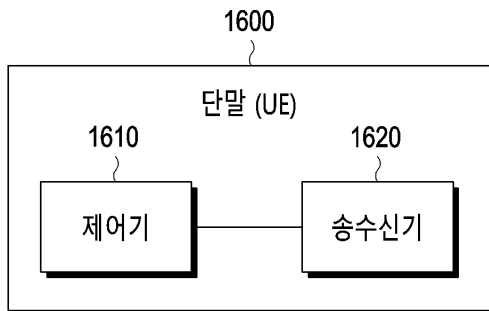
도면14



도면15



도면16



도면17

