



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월21일  
(11) 등록번호 10-2193752  
(24) 등록일자 2020년12월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/06 (2017.01) H04B 17/318 (2014.01)  
H04B 17/391 (2014.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 7/0617 (2013.01)  
H04B 17/318 (2015.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0105976  
(22) 출원일자 2019년08월28일  
심사청구일자 2019년08월28일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020150043368 A  
KR1020160102488 A  
KR1020180087563 A

(73) 특허권자  
세종대학교 산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
송형규  
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 한양아파트 320동 303호  
심성준  
서울특별시 종로구 송인동길 21, 105동 2005호 (송인동, 종로청계힐스테이트)  
이슬기  
서울특별시 강남구 삼성로 150, 208동 209호 (대치동, 한보미도맨션)  
(74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 구영희

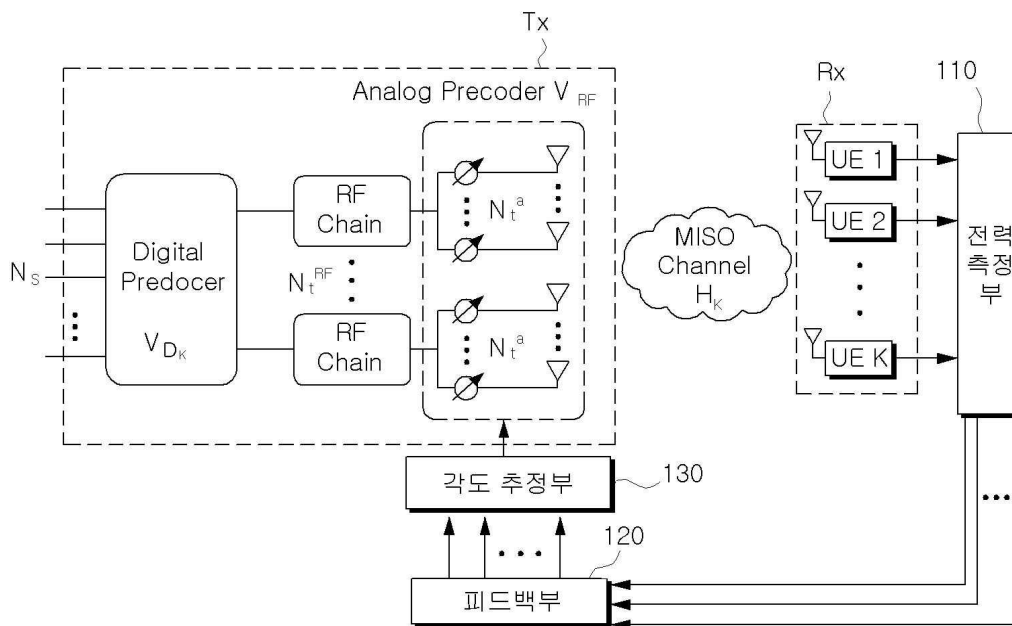
(54) 발명의 명칭 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치 및 그 방법에 대한 것이다.

본 발명에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치는 송신단에서 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



다중 경로(multipath)로 방사되는 신호들을 수신단을 통해 수신하고, 수신된 신호들의 전력을 각각 측정하는 전력 측정부; 상기 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로(path)의 정보를 상기 송신단에 피드백하는 피드백부; 및 상기 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔(RB)으로 지정하고, 상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성하여 생성된 상기 복수의 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교하고, 비교 결과에 따라 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도 정보를 추정하는 각도 추정부를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 수신단에서 피드백되는 방위각과 고도각 정보를 이용하여 최적의 빔 방사 각도를 추정함으로써 채널 용량을 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

**H04B 17/391** (2015.01)

**H04B 7/0456** (2013.01)

**H04B 7/0695** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711082926
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기술진흥센터
연구사업명	방송통신산업기술개발(R&D)
연구과제명	투명도와 레이어 가변형 실감 사이니지 기술 연구
기여율	1/1
과제수행기관명	서울과학기술대학교산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하이브리드 빔포밍 시스템을 기반으로 하는 빔 방사 각도 추정 장치에 있어서,

송신단에서 위상이 조절된 데이터 스트림 신호들이 3차원 공간 채널 모델에 의해 다중 경로(multipath)를 거쳐 방사되면, 상기 방사된 신호들을 하나 이상의 사용자 단말로 구성되는 수신단을 통해 수신하고, 각각의 사용자 단말을 통해 수신된 신호들의 전력을 수신 신호별로 각각 측정하는 전력 측정부;

상기 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로(path)의 정보를 피드백하는 피드백부; 및

상기 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔(RB)으로 지정하고, 상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성하여, 생성된 상기 복수의 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교하고, 비교 결과에 따라 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도 정보를 추정하는 각도 추정부를 포함하는 빔 방사 각도 추정 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각도 추정부는,

상기 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로를 복수개 생성하고, 생성된 각각의 경로에 대한 상기 복수의 후보 빔들을 생성하며, 상기 비교 결과 수신 신호 강도가 가장 큰 빔을 선택하는 빔 방사 각도 추정 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기 설정된 단위 각도는,

상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 기준으로 각각  $0^\circ$ ,  $\pm n^\circ$ 에 해당하는 각도를 가지는 빔 방사 각도 추정 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 송신단은,

복수의 데이터 스트림 신호가 디지털 프리코더에 인가되어 신호의 진폭과 위상이 조절된 후 상기 진폭과 위상이 조절된 데이터 스트림 신호가 상기 데이터 스트림 신호의 개수에 대응하는 각각의 RF 체인을 통해 분할되면, 아날로그 프리코더를 통해 상기 분할된 데이터 스트림 신호의 위상을 조절하고, 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 다중 경로를 통해 상기 수신단에 해당하는 하나 이상의 사용자 단말에 방사하는 빔 방사 각도 추정 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 각도 추정부는,

상기 추정된 빔 방사 각도 정보를 상기 송신단에 전달하고,

상기 송신단은,

상기 추정된 빔 방사 각도 정보를 아날로그 프리코더 행렬에 반영하여 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 빔

방사 각도 정보를 전달한 사용자 단말에 방사하는 빔 방사 각도 추정 장치.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 송신단은,

다음의 수학식에 의해 상기 데이터 스트림 신호의 위상을 조절하는 빔 방사 각도 추정 장치:

$$V_{RF} = \text{diag}\{a_t(\phi_1, \theta_1), a_t(\phi_2, \theta_2), \dots, a_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}})\}$$

$$\begin{bmatrix} a_t(\phi_1, \theta_1) & 0_{N_t^a} & \dots & 0_{N_t^a} \\ 0_{N_t^a} & a_t(\phi_2, \theta_2) & \dots & 0_{N_t^a} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_{N_t^a} & 0_{N_t^a} & \dots & a_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}}) \end{bmatrix}$$

여기서,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $a_t(\phi_1, \theta_1)$ ,  $a_t(\phi_2, \theta_2)$  는 각각 첫번째, 두번째 RF 체인에서 방사되는 방위각( $\phi$ )과 고도각( $\theta$ )에 대한 조향벡터,  $N_t^{RF}$  는 RF 체인의 개수이다.

**청구항 7**

제2항에 있어서,

상기 각도 추정부는,

다음의 수학식에 의해 수신 신호 강도가 가장 빔을 선택하여 빔 방사 각도를 추정하는 빔 방사 각도 추정 장치:

$$(\tilde{\phi}_k, \tilde{\theta}_k) = \text{argmax} |H_k V_{RF} V_{D_k}|^2$$

여기서,  $\tilde{\phi}_k$ ,  $\tilde{\theta}_k$  는 각각 k번째 사용자 단말에 전송하기 위해 추정된 방위각 및 고도각,  $H_k$  는 송신단과 k번째 사용자 단말 사이의 복소 채널 행렬,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $V_{D_k}$  는 k번째 사용자 단말의 디지털 프리코더 행렬이다.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 송신단은,

아날로그 프리코더가 각각의 RF 체인에 동일한 수의 안테나가 연결된 PCS(Partially-Connected Structure) 구조이고,

3차원 공간 채널 모델(3D SCM : 3-dimension spatial channel model)이 적용되는 빔 방사 각도 추정 장치.

**청구항 9**

하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치를 이용한 빔 방사 각도 추정 방법에 있어서,

송신단에서 위상이 조절된 데이터 스트림 신호들이 3차원 공간 채널 모델에 의해 다중 경로(multipath)를 거쳐 방사되면, 상기 방사된 신호들을 하나 이상의 사용자 단말로 구성되는 수신단을 통해 수신하고, 각각의 사용자

단말을 통해 수신된 신호들의 전력을 수신 신호별로 각각 측정하는 단계;

상기 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로(path)의 정보를 피드백하는 단계;

상기 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔(RB)으로 지정하고, 상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼씩 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로를 복수 개 생성하고, 생성된 각각의 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성하는 단계;

생성된 상기 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교하는 단계; 및

상기 비교 결과에 따라 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도를 추정하는 단계를 포함하는 빔 방사 각도 추정 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 빔 방사 각도를 추정하는 단계는,

상기 비교 결과 수신 신호 강도가 가장 큰 빔을 선택하는 빔 방사 각도 추정 방법.

**청구항 11**

제9항에 있어서,

상기 기 설정된 단위 각도는,

상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 기준으로 각각  $0^\circ$ ,  $\pm n^\circ$ 에 해당하는 각도를 가지는 빔 방사 각도 추정 방법.

**청구항 12**

제9항에 있어서,

상기 송신단은,

복수의 데이터 스트림 신호가 디지털 프리코더에 인가되어 신호의 진폭과 위상이 조절된 후 상기 진폭과 위상이 조절된 데이터 스트림 신호가 상기 데이터 스트림 신호의 개수에 대응하는 각각의 RF 체인을 통해 분할되면, 아날로그 프리코더를 통해 상기 분할된 데이터 스트림 신호의 위상을 조절하고, 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 다중 경로를 통해 상기 수신단에 해당하는 하나 이상의 사용자 단말에 방사하는 빔 방사 각도 추정 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 빔 방사 각도를 추정하는 단계는,

상기 추정된 빔 방사 각도 정보를 상기 송신단에 전달하고,

상기 송신단은,

상기 추정된 빔 방사 각도 정보를 아날로그 프리코더 행렬에 반영하여 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 빔 방사 각도 정보를 전달한 사용자 단말에 방사하는 빔 방사 각도 추정 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 송신단은,

다음의 수학적식에 의해 상기 데이터 스트림 신호의 위상을 조절하는 빔 방사 각도 추정 방법:

$$V_{RF} = \text{diag}\{\mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1), \mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2), \dots, \mathbf{a}_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}})\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1) & 0_{N_t^a} & \dots & 0_{N_t^a} \\ 0_{N_t^a} & \mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2) & \dots & 0_{N_t^a} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_{N_t^a} & 0_{N_t^a} & \dots & \mathbf{a}_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}}) \end{bmatrix}$$

여기서,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $\mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1)$ ,  $\mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2)$  는 각각 첫번째, 두번째 RF 체인에서 방사되는 방위각( $\phi$ )과 고도각( $\theta$ )에 대한 조향벡터,  $N_t^{RF}$  는 RF 체인의 개수이다.

**청구항 15**

제9항에 있어서,

상기 빔 방사 각도를 추정하는 단계는,

다음의 수학적식에 의해 수신 신호 강도가 가장 빔을 선택하여 빔 방사 각도를 추정하는 빔 방사 각도 추정 방법:

$$(\tilde{\phi}_k, \tilde{\theta}_k) = \text{argmax} |H_k V_{RF} V_{D_k}|^2$$

여기서,  $\tilde{\phi}_k$ ,  $\tilde{\theta}_k$  는 각각 k번째 사용자 단말에 전송하기 위해 추정된 방위각 및 고도각,  $H_k$  는 송신단과 k번째 사용자 단말 사이의 복소 채널 행렬,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $V_{D_k}$  는 k번째 사용자 단말의 디지털 프리코더 행렬이다.

**청구항 16**

제9항에 있어서,

상기 송신단은,

아날로그 프리코더가 각각의 RF 체인에 동일한 수의 안테나가 연결된 PCS(Partially-Connected Structure) 구조이고,

3차원 공간 채널 모델(3D SCM : 3-dimension spatial channel model)이 적용되는 빔 방사 각도 추정 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 수신단에서 피드백되는 방위각과 고도각 정보를 이용하여 최적의 빔 방사 각도를 추정하는 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 차세대 5세대 이동통신(5G)에서 초고속 데이터 전송을 위한 밀리미터파 대역의 통신기술이 연구되고 있다. 밀리미터파 대역은 전파 특성 때문에 신호의 감쇄가 발생할 수 있는 단점이 있다. 그러나 넓은 대역폭을 사용함으로써 데이터 용량을 증가시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 밀리미터파 대역 신호의 파장 길이가 짧기 때문에 하

드웨어 시스템에서 소형의 안테나를 이용하여 다수의 안테나 어레이를 형성할 수 있다.

- [0003] 종래의 디지털 빔포밍 시스템은 각각의 안테나마다 RF(radio frequency) 체인을 사용하고 기저대역에서 디지털 신호처리를 통해 신호의 진폭과 위상을 변화시켜 높은 채널 용량을 얻을 수 있다. 하지만 사용하는 안테나 수가 증가할수록 다수의 RF 체인이 필요하여 부피와 전력 소모, 비용의 부담이 커지는 단점이 있었다.
- [0004] 이에 따라 종래의 디지털 빔포밍에서 RF 체인의 수를 줄이고 다수의 안테나 어레이를 사용하는 아날로그 빔포밍을 결합한 하이브리드 빔포밍 시스템이 연구되었고, 종류로는 ACS(all-connected structure) 하이브리드 빔포밍 시스템과 PCS(partially-connected structure) 하이브리드 빔포밍 시스템이 있다.
- [0005] 먼저, ACS 하이브리드 빔포밍 시스템은 각각의 RF 체인이 모든 안테나에 연결된 구조로써 높은 채널 용량을 얻을 수 있는 장점이 있지만 하드웨어 시스템에서의 높은 복잡도가 요구되는 단점이 있다. 그리고 PCS 하이브리드 빔포밍 시스템은 ACS 하이브리드 빔포밍 시스템의 복잡도를 낮추기 위해 각각의 RF 체인에 동일한 수의 안테나를 연결함으로써 낮은 하드웨어 복잡도로 구성되었지만 ACS 하이브리드 빔포밍 시스템 대비 성능이 낮은 문제점이 있다.
- [0006] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2018-0077983호(2018. 07. 09. 공개)에 개시되어 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 수신단에서 피드백되는 방위각과 고도각 정보를 이용하여 최적의 빔 방사 각도를 추정하는 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0008] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치는, 송신단에서 위상이 조절된 데이터 스트림 신호들이 3차원 공간 채널 모델에 의해 다중 경로(multipath)를 거쳐 방사되면, 상기 방사된 신호들을 하나 이상의 사용자 단말로 구성되는 수신단을 통해 수신하고, 각각의 사용자 단말을 통해 수신된 신호들의 전력을 수신 신호별로 각각 측정하는 전력 측정부; 상기 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로(path)의 정보를 피드백하는 피드백부; 및 상기 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔(RB)으로 지정하고, 상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이 나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성하여 생성된 상기 복수의 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교하고, 비교 결과에 따라 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도 정보를 추정하는 각도 추정부를 포함한다.
- [0009] 또한, 각도 추정부는 상기 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이 나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로를 복수개 생성하고, 생성된 각각의 경로에 대한 상기 복수의 후보 빔들을 생성하며, 상기 비교 결과 수신 신호 강도가 가장 큰 빔을 선택할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 기 설정된 단위 각도는 상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 기준으로 각각  $0^\circ$ ,  $\pm n^\circ$ 에 해당하는 각도를 가질 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 송신단은 복수의 데이터 스트림 신호가 디지털 프리코더에 인가되어 신호의 진폭과 위상이 조절된 후 상기 진폭과 위상이 조절된 데이터 스트림 신호가 상기 데이터 스트림 신호의 개수에 대응하는 각각의 RF 체인을 통해 분할되면, 아날로그 프리코더를 통해 상기 분할된 데이터 스트림 신호의 위상을 조절하고, 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 다중 경로를 통해 상기 수신단에 해당하는 하나 이상의 사용자 단말에 방사할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 각도 추정부는 상기 추정된 빔 방사 각도 정보를 상기 송신단에 전달하고, 상기 송신단은 상기 추정된 빔 방사 각도 정보를 아날로그 프리코더 행렬에 반영하여 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 빔 방사 각도 정보를 전달한 사용자 단말에 방사할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 송신단은 다음의 수확식에 의해 상기 데이터 스트림 신호의 위상을 조절할 수 있다.

[0014] 
$$V_{RF} = \text{diag}\{\mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1), \mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2), \dots, \mathbf{a}_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}})\}$$

[0015] 
$$\begin{bmatrix} \mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1) & 0_{N_t^a} & \dots & 0_{N_t^a} \\ 0_{N_t^a} & \mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2) & \dots & 0_{N_t^a} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_{N_t^a} & 0_{N_t^a} & \dots & \mathbf{a}_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}}) \end{bmatrix}$$

[0016] 여기서,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $\mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1)$ ,  $\mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2)$  는 각각 첫번째, 두번째 RF 체인에서 방사되는 방위각( $\phi$ )과 고도각( $\theta$ )에 대한 조향벡터,  $N_t^{RF}$  는 RF 체인의 개수이다.

[0017] 또한, 상기 각도 추정부는 다음의 수학적식에 의해 수신 신호 강도가 가장 빔을 선택하여 빔 방사 각도를 추정할 수 있다.

[0018] 
$$(\tilde{\phi}_k, \tilde{\theta}_k) = \text{argmax} |H_k V_{RF} V_{D_k}|^2$$

[0019] 여기서,  $\tilde{\phi}_k$ ,  $\tilde{\theta}_k$  는 각각 k번째 사용자 단말에 전송하기 위해 추정된 방위각 및 고도각,  $H_k$  는 송신단과 k번째 사용자 단말 사이의 복소 채널 행렬,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $V_{D_k}$  는 k번째 사용자 단말의 디지털 프리코더 행렬이다.

[0020] 또한, 상기 송신단은 아날로그 프리코더가 각각의 RF 체인에 동일한 수의 안테나가 연결된 PCS(Partially-Connected Structure) 구조이고, 3차원 공간 채널 모델(3D SCM : 3-dimension spatial channel model)이 적용될 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법은, 송신단에서 다중 경로(multipath)로 방사되는 신호들을 수신단을 통해 수신하고, 수신된 신호들의 전력을 각각 측정하는 단계; 상기 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로(path)의 정보를 피드백하는 단계; 상기 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔(RB)으로 지정하고, 상기 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼씩 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로를 복수개 생성하고, 생성된 각각의 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성하는 단계; 생성된 상기 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교하는 단계; 및 상기 비교 결과에 따라 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도를 추정하는 단계를 포함한다.

**발명의 효과**

[0022] 이와 같이 본 발명에 따르면, 수신단에서 피드백되는 방위각과 고도각 정보를 이용하여 최적의 빔 방사 각도를 추정함으로써 채널 용량을 향상시킬 수 있다.

[0023] 또한 본 발명에 따르면, PCS 하이브리드 빔포밍 시스템의 낮은 하드웨어 복잡도를 유지하면서 최적의 성능을 나타내는 방위각과 고도각을 추정할 수 있어 빔포밍 성능을 향상시킬 수 있다.

[0024] 또한 본 발명에 따르면 PCS 하이브리드 빔포밍 시스템에 3-dimension spatial channel model(3D SCM)을 적용하여 실제 3차원 공간에 존재하는 통신 환경에 대한 신뢰성을 높여줄 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치를 나타낸 구성도이다.



도 2는 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법의 동작 흐름을 도시한 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법을 3차원 공간 채널 모델에 적용시킨 실시예이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템의 RF 체인에 연결되는 안테나 어레이 구조를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법에서 빔 추정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법의 적용 유무에 따른 성능 비교를 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0026] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.
- [0027] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0028] 먼저, 도 1을 통해 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치에 대하여 설명한다.
- [0029] 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템은 송신단(Tx)의 아날로그 프리코더가 각각의 RF 체인에 동일한 수의 안테나가 연결된 PCS(Partially-Connected Structure) 구조이고, 3차원 공간 채널 모델(3D SCM : 3-dimension spatial channel model)이 적용된다.
- [0030] 이때, 3차원 공간 채널 모델은 송신단(Tx)과 수신단(Rx) 사이의 방위각과 고도각 차원에서 클러스터에 의해 산란되는 환경을 설명하는 3D 기하학적 확률 모델이다.
- [0031] 따라서, PCS 하이브리드 빔포밍 시스템의 낮은 하드웨어 복잡도를 유지하면서 최적의 성능을 나타내는 방위각과 고도각을 추정할 수 있고, 3차원 공간 채널 모델을 적용하여 실제 3차원 공간에 존재하는 통신 환경에 대한 신뢰성을 높여줄 수 있다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치를 나타낸 구성도이다.
- [0033] 도 1에서와 같이 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치(100)는, 전력 측정부(110), 피드백부(120) 및 각도 추정부(130)를 포함한다.
- [0034] 먼저, 전력 측정부(110)는 송신단(Tx)에서 위상이 조절된 데이터 스트림 신호들이 3차원 공간 채널 모델에 의해 다중 경로(multipath)를 거쳐 방사되면, 방사된 신호들을 하나 이상의 사용자 단말(UE)로 구성되는 수신단(Rx)을 통해 수신하고, 각각의 사용자 단말(UE)을 통해 수신된 신호들의 전력을 수신 신호별로 각각 측정한다.
- [0035] 이때, 송신단(Tx)은 복수의 데이터 스트림 신호가 디지털 프리코더에 인가되어 신호의 진폭과 위상이 조절된 후 진폭과 위상이 조절된 신호가 데이터 스트림 신호의 개수에 대응하는 각각의 RF 체인을 통해 분할되면, 아날로그 프리코더의 위상 조절기를 통해 분할된 신호의 위상을 조절하고, 위상이 조절된 신호를 다중 경로를 통해 수신단(Rx)에 해당하는 하나 이상의 사용자 단말(UE)에 방사한다.
- [0036] 자세히는, 도 1에서와 같이 PCS 하이브리드 빔포밍 시스템의 송신단(Tx)에서  $N_{RF}^{Tx}$ 개의 RF 체인과 한 개의 RF 체인에 연결되는 안테나 수는  $M_{RF}^{Tx}$ 개이고,  $M_{RF}^{Tx}$ 개의 안테나는 하나의 선형 안테나 어레이를 형성한다. 이때 송신단(Tx)에서 전송하는  $M_{RF}^{Tx}$ 개의 데이터 스트림은 하나의 안테나를 갖는  $K$ 명의 사용자 단말(UE1, UE2, ..., UE K)에게 전송된다.
- [0037] 이때, 도 1에 의해 송신단(Tx)에서 송신하는 데이터 스트림 신호(x)는 다음의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\mathbf{x} = \mathbf{V}_{RF} \mathbf{V}_D \mathbf{s} = \sum_{l=1}^k \mathbf{V}_{RF} \mathbf{V}_{D_l} \mathbf{s}_l$$

[0038]

[0039] 여기서,  $\mathbf{V}_{RF}$ 는  $T_x \times N_t^{RF}$ 의 아날로그 프리코더 행렬이다. 이때,  $T_x$ 는 전체 송신 안테나 개수이며  $N_t^a \times N_t^{RF}$ 로 나타낼 수 있고,  $N_t^a$ 는 1개의 RF 체인에 연결된 안테나 개수,  $N_t^{RF}$ 는 RF 체인의 개수,  $i$ 는 행,  $j$ 는 열을 의미하며,  $|\mathbf{V}_{RF}(i,j)|=1$ 의 조건 만족해야 하고,  $\mathbf{V}_D$ 는  $N_t^{RF} \times N_s$ 의 디지털 프리코더 행렬을 나타내고,  $\mathbf{s}$ 는  $N_s \times 1$ 의 데이터 스트림 벡터를 나타낸다.

[0040] 송신단(Tx)에서는  $N_s = N_t^{RF}$ 로 가정했을 때, 기저대역에 대해 데이터 스트림이 디지털 프리코더를 거쳐 각각의 RF 체인으로 분할되고 아날로그 프리코더 행렬을 통해 신호의 위상이 조절된다. 이때, 사용자 단말에 수신되는 신호( $y$ )는 다음의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{V}_{RF} \mathbf{V}_{D_k} \mathbf{s}_k + \mathbf{H}_k \sum_{l \neq k} \mathbf{V}_{RF} \mathbf{V}_{D_l} \mathbf{s}_l + \mathbf{z}_k$$

[0041]

[0042] 여기서,  $\mathbf{y}_k$ 는  $k$ 번째 사용자 단말에 수신되는 신호를 나타내고,  $\mathbf{H}_k$ 는  $N_r^a \times T_x$ 의 송신단(Tx)과  $k$ 번째 사용자 단말(UE  $k$ ) 사이의 복소 채널 행렬을 나타내며 이때,  $N_r^a$ 는 사용자 단말의 안테나 수를 나타낸다. 그리고  $\mathbf{V}_{RF}$ 는  $T_x \times N_t^{RF}$ 의 아날로그 프리코더 행렬이고,  $\mathbf{V}_{D_k}$ 는  $N_t^{RF} \times N_s$ 의  $k$ 번째 사용자 단말의 디지털 프리코더 행렬,  $\mathbf{s}_k$ 는  $k$ 번째 사용자 단말에 수신될 데이터 스트림 벡터이다. 또한,  $\mathbf{H}_k \sum_{l \neq k} \mathbf{V}_{RF} \mathbf{V}_{D_l} \mathbf{s}_l$ 항은  $k$ 번째 사용자 단말에 수신되는 다른 RF 체인에 의한 간섭 신호이고,  $\mathbf{z}_k$ 는  $k$ 번째 사용자 단말에 해당하는 가우시안 노이즈(additive white Gaussian noise, AWGN) 벡터이다.

[0043] 또한, 도 1에서의 채널 용량을 다음의 수학식 3에서와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$R = \sum_{l=1}^k \log_2 \left( 1 + \frac{|\mathbf{H}_l \mathbf{V}_{RF} \mathbf{V}_{D_l}|^2}{\sigma^2} \right)$$

[0044]

[0045] 여기서,  $R$ 은 모든 사용자 단말의 채널 용량 합을 나타낸다. 본 발명의 실시예에서는  $\mathbf{H}_k$ 에 대한 채널 정보를 완벽히 알고 있다는 가정 하에 채널 용량  $R$ 을 최대화하는 최적의 아날로그 프리코더 행렬( $\mathbf{V}_{RF}$ )을 구할 수 있

다.

- [0046] 따라서, 전력 측정부(110)는 송신단(Tx)에서 다중 경로(multipath)로 방사되는 신호(수학식 1)들을 수신단(Rx)을 통해 수신(수학식 2)하여 수신된 신호들의 전력을 각각 측정할 수 있다.
- [0047] 그리고 피드백부(120)는 전력 측정부(110)로부터 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로(path)의 정보를 각도 추정부(130)에 피드백한다.
- [0048] 마지막으로 각도 추정부(130)는 피드백부(120)로부터 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔(RB : Reference Beam)으로 지정하고, 지정된 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이 나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성한다.
- [0049] 그리고 각도 추정부(130)는 생성된 복수의 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교하여, 비교 결과에 따라 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도 정보를 추정한다. 이때, 비교 결과 수신 신호 강도가 가장 큰 빔을 선택하는 것이 바람직하다.
- [0050] 또한, 각도 추정부(130)는 추정된 빔 방사 각도 정보를 송신단(Tx)에 전달하고, 송신단(Tx)은 각도 추정부(130)로부터 추정된 빔 방사 각도 정보를 아날로그 프리코더 행렬에 반영하여 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 빔 방사 각도 정보를 전달한 사용자 단말(UE)에 방사한다.
- [0051] 이하에서는 도 2 내지 도 6을 통해 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법에 대하여 설명한다.
- [0052] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법의 동작 흐름을 도시한 순서도로서, 이를 참조하여 본 발명의 구체적인 동작을 설명한다.
- [0053] 본 발명의 실시예에 따르면, 먼저 빔 방사 각도 추정 장치(100)의 전력 측정부(110)는 송신단(Tx)에서 위상이 조절된 데이터 스트림 신호들이 3차원 공간 채널 모델에 의해 다중 경로(multipath)를 거쳐 방사되면, 방사된 신호들을 하나 이상의 사용자 단말(UE)로 구성되는 수신단(Rx)을 통해 수신하고, 각각의 사용자 단말(UE)을 통해 수신된 신호들의 전력을 수신 신호별로 각각 측정한다(S210).
- [0054] 이때, 송신단(Tx)은 복수의 데이터 스트림 신호가 디지털 프리코더에 인가되어 신호의 진폭과 위상이 조절된 후 진폭과 위상이 조절된 데이터 스트림 신호가 데이터 스트림 신호의 개수에 대응하는 각각의 RF 체인을 통해 분할되면, 아날로그 프리코더의 위상 조절기를 통해 RF 체인에서 분할된 데이터 스트림 신호의 위상을 조절하고, 위상이 조절된 데이터 스트림 신호를 다중 경로를 통해 수신단(Tx)에 해당하는 하나 이상의 사용자 단말(UE)에 방사한다.
- [0055] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법을 3차원 공간 채널 모델에 적용시킨 실시예이다.
- [0056] 도 3에서와 같이 본 발명의 실시예에서는 하이브리드 빔포밍 시스템에 적합한 채널 모델로서 3GPP에서 TR36.873 문서를 통해 3차원으로 확장시킨 3D SCM을 보여주며, 3차원 공간 채널 모델(H)에 대해 다음의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 4**

[0057] 
$$H = \sqrt{\frac{N_t^a N_r^a}{M}} \sum_{m=1}^M \mathbf{a}_r(\phi_m^r, \theta_m^r) \mathbf{a}_t(\phi_m^t, \theta_m^t)^H$$

- [0058] 여기서, M은 신호의 산란에 의한 다중 경로의 수를 나타내고, m은 각각의 경로를 나타내며,  $\mathbf{a}_t(\phi_m^t, \theta_m^t)$ 는 송신단(Tx)에서 방사되는 방위각( $\phi$ )과 고도각( $\theta$ )에 대한 조향벡터를 나타내고,  $\mathbf{a}_r(\phi_m^r, \theta_m^r)$ 는 수신단(Rx)에 방사되는 방위각( $\phi$ )과 고도각( $\theta$ )에 대한 조향벡터를 나타낸다.
- [0059] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템의 RF 체인에 연결되는 안테나 어레이 구조를 나타낸 도면이다.

[0060] 도 4에서와 같이 과관점으로 표현된 3개의 안테나가 일정 간격( $d$ )으로 선형 배열된 안테나 어레이 구조로부터 사용자 단말 사이의 거리가 멀다고 가정할 때, 모든 안테나에 대해 같은 각도의 방위각과 고도각이 방사되며, 이때 아날로그 프리코더에서 형성되는 행렬( $V_{RF}$ )은 다음의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 5**

$$V_{RF} = \text{diag}\{\mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1), \mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2), \dots, \mathbf{a}_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}})\}$$

[0061]

[0062] 여기서,  $\mathbf{a}_t(\phi_i, \theta_i)$ 는  $i$ 번째 RF 체인에 대한 각도 조향벡터를 나타내고,  $V_{RF}$ 는  $\mathbf{a}_t(\phi_i, \theta_i)$ 를 원소로 하는 대각행렬을 나타낸다.

[0063] 수학식 5를 구체화하여 다음의 수학식 6과 같은 대각행렬로 나타낼 수 있다.

**수학식 6**

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1) & 0_{N_t^a} & \dots & 0_{N_t^a} \\ 0_{N_t^a} & \mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2) & \dots & 0_{N_t^a} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_{N_t^a} & 0_{N_t^a} & \dots & \mathbf{a}_t(\phi_{N_t^{RF}}, \theta_{N_t^{RF}}) \end{bmatrix}$$

[0064]

[0065] 여기서,  $\mathbf{a}_t(\phi_1, \theta_1)$ ,  $\mathbf{a}_t(\phi_2, \theta_2)$ 는 각각 첫번째, 두번째 RF 체인에서 방사되는 방위각( $\phi$ )과 고도각( $\theta$ )에 대한 조향벡터,  $N_t^{RF}$ 는 RF 체인의 개수이다.

[0066] 따라서, 송신단(Tx)은 수학식 5 및 수학식 6에 의해 데이터 스트림 신호의 위상을 조절할 수 있다.

[0067] 또한,  $\mathbf{a}_t(\phi_i, \theta_i)$ 는 다음의 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

**수학식 7**

$$\mathbf{a}_t(\phi_i, \theta_i) = \frac{1}{\sqrt{N_t^a}} e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} \mathbf{r} \cdot \mathbf{d}} \quad (\lambda = \frac{c}{f})$$

[0068]

[0069] 이때,  $\mathbf{r}$ 는  $i$ 번째 RF 체인에 대한 데카르트 좌표계(방위각, 고도각에 대한 2차원 좌표)로 나타낸 구형 유닛 벡터,  $c$ 는 빛의 속도,  $f$ 는 캐리어 주파수를 나타내고, 다음의 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$r_i = \begin{pmatrix} \sin\theta_i \cos\phi_i \\ \sin\theta_i \sin\phi_i \\ \cos\theta_i \end{pmatrix}$$

[0070]

[0071] 또한, 수학식 7에서 d는 안테나 요소의 위치 벡터이며, 다음의 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$d = \begin{pmatrix} s_x \\ s_y + (p-1)d_H \\ s_z + (q-1)d_V \end{pmatrix}$$

[0072]

[0073] 여기서, d는 송신 안테나 사이의 거리이고,  $s_x$ ,  $s_y$ ,  $s_z$ 는 각각 안테나의 3차원 좌표를 나타내고, p는 수평축 방향의 안테나 수를 나타내고, q는 수직축 방향의 안테나 수를 나타내며,  $d_H$ 는 수평축 안테나 사이의 간격을 나타내고,  $d_V$ 는 수직축 안테나 사이의 간격을 나타낸다.

[0074] 그 다음, 피드백부(120)는 S210 단계에서 측정된 전력이 가장 큰 신호에 대한 경로의 정보를 각도 추정부(130)에 피드백한다(S220).

[0075] 그 다음, 각도 추정부(130)는 S220 단계에서 피드백 받은 경로를 레퍼런스 빔으로 지정하고, 지정된 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 이용하여 기 설정된 단위 각도의 배수만큼씩 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로를 복수개 생성하고, 생성된 각각의 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성한다(S230).

[0076] 자세히는, 기 설정된 단위 각도의 배수만큼 차이나는 복수의 방위각과 복수의 고도각이 포함되는 경로를 복수개 생성하고, 생성된 각각의 경로에 대한 복수의 후보 빔들을 생성하며, 이때 기 설정된 단위 각도는 레퍼런스 빔의 정보에 포함된 방위각과 고도각을 기준으로 각각  $0^\circ$ ,  $\pm n^\circ$ 에 해당하는 각도로 설정될 수 있다.

[0077] 예를 들어 단위 각도(n)가  $5^\circ$ 로 설정되는 경우, 레퍼런스 빔의 방위각과 고도각을 기준으로 각각  $0^\circ$ ,  $\pm 5^\circ$ ,  $\pm 10^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ...만큼씩 증가하여 설정되는 방위각과 고도각에 대한 후보 빔들을 생성할 수 있다. 이때,  $0^\circ$ 는 레퍼런스 빔의 방위각과 고도각이므로 레퍼런스 빔도 복수의 후보 빔들에 포함되는 것이 자명하다.

[0078] 그 다음, 각도 추정부(130)는 S230 단계에서 생성된 복수의 후보 빔들에 대한 각각의 수신 신호 강도(RSSI)를 비교한다(S240).

[0079] 그 다음, 각도 추정부(130)는 S240 단계의 비교 결과 수신 신호 강도가 가장 큰 빔을 선택한다(S250).

[0080] 마지막으로 각도 추정부(130)는 S250 단계에서 선택된 빔의 방위각과 고도각을 이용하여 빔 방사 각도를 추정한다(S260).

[0081] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법에서 빔 추정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0082] 도 5에서와 같이 S230 내지 S260 단계에서는 사용자 단말로부터 피드백 받은 방위각과 고도각 정보를 이용하여 기존의 형성된 레퍼런스 빔(RB 0) 주변으로 새로운 후보 빔(RB1, RB2)을 탐색한 후, 정확한 빔 방사 각도를 추정한다.

[0083] 따라서, 사용자 단말은 신호의 산란에 의해 전송된 다중 경로에서 가장 신호의 전력이 센 경로의 방위각과 고도각에 대한 정보를 피드백 하고, 피드백 받은 각도를 중심으로 기 설정된 단위 각도의 배수만큼씩(예를 들면  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ...)씩 차이가 나는 복수의 후보 빔(RB1, RB2)을 형성하고, 수신 신호 강도(RSSI : received signal

strength indicator)를 이용하여 기존의 형성된 레퍼런스 빔(RB 0)과 복수의 후보 빔(RB1, RB2)들에 따른 성능을 비교한다.

[0084] 다음의 수학식 10에 의해 수신 신호 강도가 가장 큰 빔을 선택(도 5에서는 RB 2가 선택됨)하여 빔 방사 각도를 추정할 수 있다.

**수학식 10**

$$(\tilde{\phi}_k, \tilde{\theta}_k) = \operatorname{argmax} |H_k V_{RF} V_{D_k}|^2$$

[0085]

[0086] 여기서,  $\tilde{\phi}_k, \tilde{\theta}_k$  는 각각 k번째 사용자 단말에 전송하기 위해 추정된 방위각 및 고도각,  $H_k$  는 송신단과 k번째 사용자 단말 사이의 복소 채널 행렬,  $V_{RF}$  는 아날로그 프리코더 행렬,  $V_{D_k}$  는 k번째 사용자 단말의 디지털 프리코더 행렬이다.

[0087] 즉, 수신 신호 강도 기준에 의해 추정된 방위각과 고도각을 토대로 아날로그 프리코더에서 가중치 행렬( $V_{RF}$ )을 형성하게 되고 안테나 어레이를 통해 피드백을 전송한 사용자 단말에게 추정된 방위각과 고도각이 반영된 데이터 스트림을 방사한다.

[0088] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 방법의 적용 유무에 따른 성능 비교를 나타낸 그래프이다.

[0089] 자세히는, 도 6은 PCS 하이브리드 빔포밍 시스템에서 16-QAM 변조 기법을 사용할 때, 본 발명의 실시예에 따른 알고리즘의 레퍼런스 빔(RB)수에 따른 성능과 기존 하이브리드 빔포밍 시스템과의 성능을 비교하고, 송신단(Tx)과 수신단(Rx)의 안테나 수에 따른 성능 비교를 나타낸 것이다.

[0090] 이때, 송신단(Tx)에서 사용한 총 안테나 수는  $N_r^{RF} \times N_r^a$  이고, 수신단(Rx)의 총 안테나 수는  $N_r^{RF} \times N_r^a$ 이다.

[0091] 도 6의 그래프를 참고하여 예를 들어 설명하자면, 먼저, 16X4(Tx=16, Rx=4) 하이브리드 빔포밍 시스템에서는 송신측 RF 체인 개수( $N_r^{RF}$ ) =4, 수신측 RF 체인 개수( $N_r^{RF}$ )=4, 1개의 RF체인에 연결된 송신측 안테나 개수( $N_r^a$ )=4, 1개의 RF 체인에 연결된 수신측 안테나 개수( $N_r^a$ )=1일 때, 레퍼런스 빔만 이용한 기존 하이브리드 빔포밍과 본 발명의 실시예에 따라 후보 빔의 개수가 5(RB=5)인 제안된 하이브리드 빔포밍과의 성능을 비교했을 때 기존 대비 약 0.7dB의 성능 이득을 볼 수 있고, 레퍼런스 빔만 이용한 기존 하이브리드 빔포밍과 본 발명의 실시예에 따라 후보 빔의 개수가 10(RB=10)인 제안된 하이브리드 빔포밍과의 성능을 비교했을 때 기존 대비 약 1.2dB의 성능 이득을 볼 수 있었음을 확인할 수 있다.

[0092] 또한, 32x8 (Tx=32, Rx=8) 하이브리드 빔포밍 시스템에서는 송신측 RF 체인 개수( $N_r^{RF}$ ) =8, 수신측 RF 체인 개수( $N_r^{RF}$ )=8, 1개의 RF체인에 연결된 송신측 안테나 개수( $N_r^a$ )=4, 1개의 RF 체인에 연결된 수신측 안테나 개수( $N_r^a$ )=1일 때, 레퍼런스 빔만 이용한 기존 하이브리드 빔포밍과 본 발명의 실시예에 따라 후보 빔의 개수가 5(RB=5)인 제안된 하이브리드 빔포밍과의 성능을 비교했을 때 기존 대비 약 1dB의 성능 이득을 볼 수 있고, 레퍼런스 빔만 이용한 기존 하이브리드 빔포밍과 본 발명의 실시예에 따라 후보 빔의 개수가 10(RB=10)인 제안된 하이브리드 빔포밍과의 성능을 비교했을 때 기존 대비 약 1.5dB의 성능 이득을 볼 수 있었음을 확인할 수 있다.

[0093] 이를 통해, 후보 빔의 개수가 많을수록 성능 이득이 더욱 향상됨을 확인할 수 있다.

[0094] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 채널 용량 향상을 위한 하이브리드 빔포밍 시스템 기반의 빔 방사 각도 추정 장치 및 그 방법은 수신단에서 피드백되는 방위각과 고도각 정보를 이용하여 최적의 빔 방사 각도를 추정함으로써 채널 용량을 향상시킬 수 있다.

[0095] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, PCS 하이브리드 빔포밍 시스템의 낮은 하드웨어 복잡도를 유지하면서 최적의 성능을 나타내는 방위각과 고도각을 추정할 수 있어 빔포밍 성능을 향상시킬 수 있다.

[0096] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, PCS 하이브리드 빔포밍 시스템에 3-dimension spatial channel model(3D SCM)을 적용하여 실제 3차원 공간에 존재하는 통신 환경에 대한 신뢰성을 높여줄 수 있다.

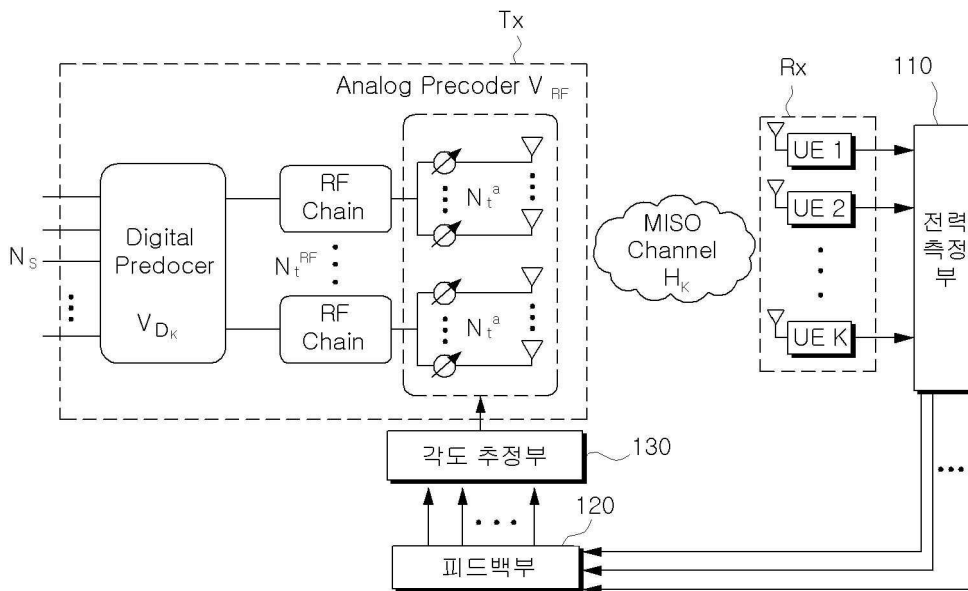
[0097] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

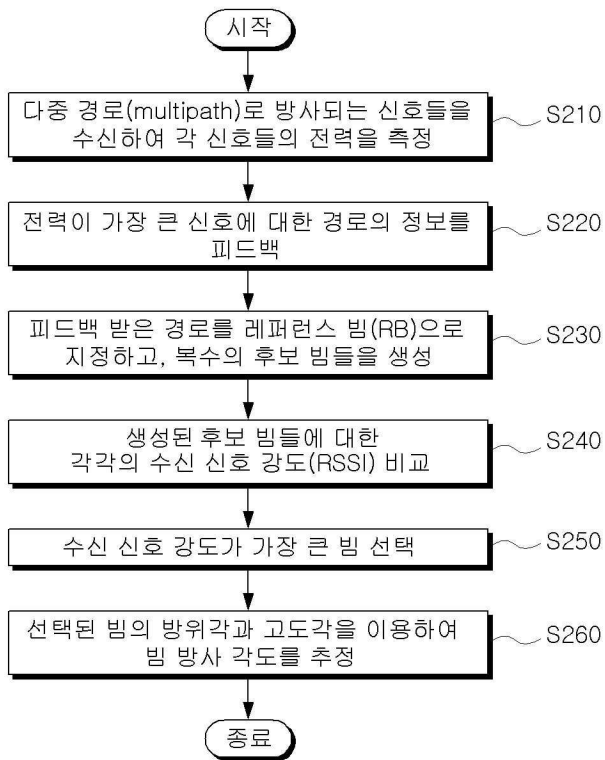
- [0098] 100 : 빔 방사 각도 추정 장치                      110 : 전력 측정부
- 120 : 피드백부                                130 : 각도 추정부

**도면**

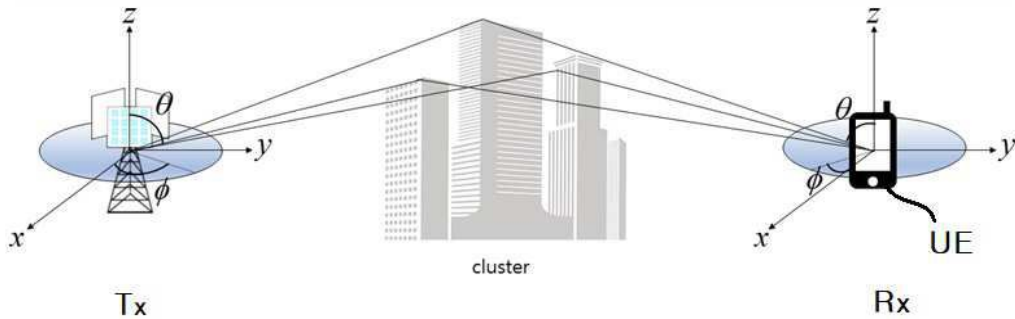
**도면1**



도면2

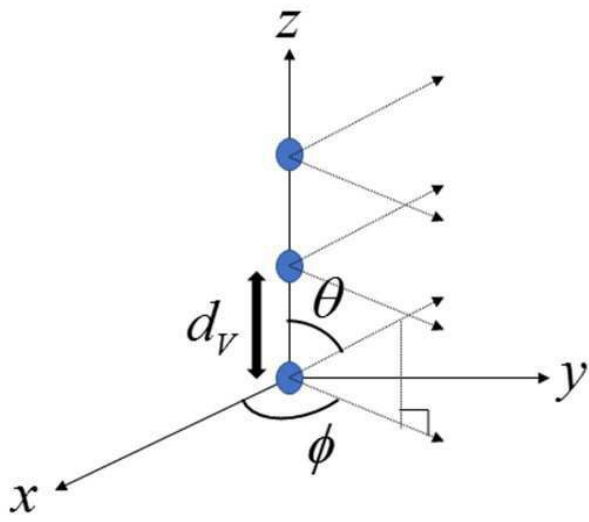


도면3

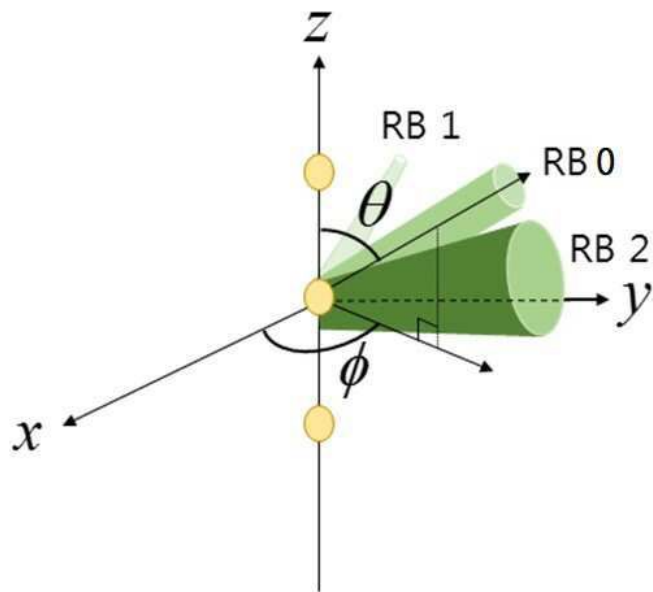




도면4



도면5



도면6

