



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월24일  
(11) 등록번호 10-1546852  
(24) 등록일자 2015년08월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 1/06 (2006.01) H04B 7/04 (2006.01)  
H04W 16/28 (2009.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0125403  
(22) 출원일자 2013년10월21일  
심사청구일자 2013년10월21일  
(65) 공개번호 10-2015-0045751  
(43) 공개일자 2015년04월29일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020080062482 A\*  
KR1020080062483 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국과학기술원  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
(72) 발명자  
박현철  
대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)  
임우창  
전북 익산시 배산로14길 9, (모현동1가, 모현현대2차아파트)  
조동호  
대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)  
(74) 대리인  
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 5 항

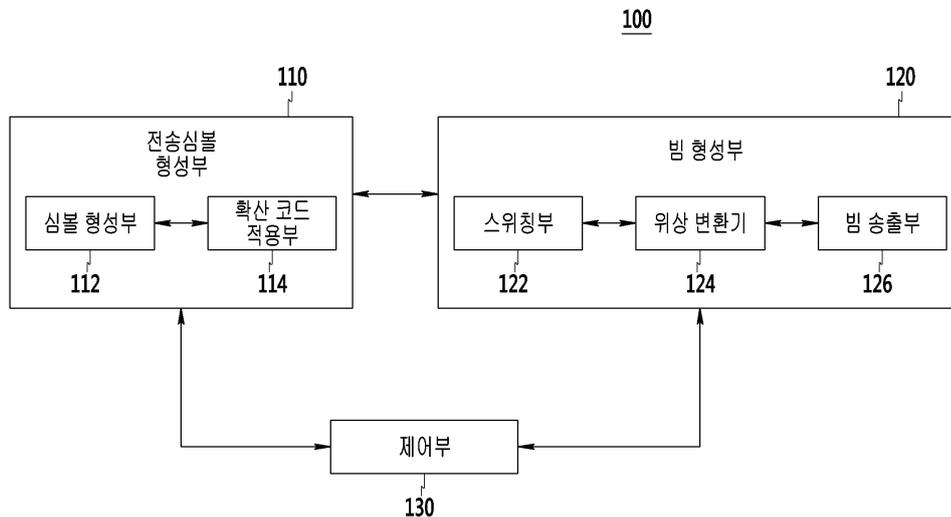
심사관 : 성경아

(54) 발명의 명칭 근접한 빔간의 간섭을 줄이기 위한 빔 형성 장치 및 이를 이용한 빔 형성 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 빔 형성 방법은 빔 형성 장치가 빔을 형성하는 방법에서, 데이터를 변조시켜 심볼을 형성하는 단계, 형성된 상기 심볼에 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 단계, 그리고 상기 전송심볼 별로 전송 안테나를 임의적으로 변경하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013-005-026-001

부처명 미래창조부

연구관리전문기관 KAIST

연구사업명 방송통신기술개발사업

연구과제명 5G 이동형 개인셀 용량 증대 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2013.04.01 ~ 2018.03.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

빔 형성 장치가 빔을 형성하는 방법에서,  
 데이터를 변조시켜 심볼을 형성하는 단계,  
 형성된 상기 심볼에 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 단계, 그리고  
 상기 전송심볼 별로 전송 안테나를 임의적으로 변경하여 빔을 형성하는 단계를 포함하며,  
 상기 빔을 형성하는 단계는,  
 상기 전송심볼 별로 스위칭하여 전송 안테나를 선택하는 단계, 그리고  
 상기 전송심볼의 위상을 변환하여 상기 선택된 안테나 별로 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

### 청구항 2

제1항에서,  
 상기 전송심볼을 형성하는 단계는,  
 상기 심볼 별로 서로 다른 확산코드를 적용하여 상기 전송심볼을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

심볼 별로 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 전송심볼 형성부, 그리고  
 형성된 상기 전송심볼 별로 서로 다른 안테나를 임의적으로 선택하여 빔을 형성하는 빔 형성부를 포함하며,  
 상기 빔 형성부는,  
 상기 전송심볼 별로 스위칭하여 전송 안테나를 선택하는 스위칭부,  
 상기 전송심볼의 위상을 변환하는 위상 변환기, 그리고  
 신호를 송출하는 복수의 전송 안테나를 포함하는 빔 형성 장치.

### 청구항 5

제4항에서,  
 상기 전송심볼 형성부는,  
 데이터를 변조시켜 상기 심볼을 형성하는 심볼 형성부, 그리고  
 형성된 상기 심볼 마다 확산코드를 적용하여 상기 전송심볼을 형성하는 확산코드 적용부를 포함하는 빔 형성 장치.

### 청구항 6

삭제

**청구항 7**

제4항에서,

상기 빔 형성부는,

수신 안테나의 개수에 따라 전송 안테나의 개수를 임의적으로 선택하여 빔을 형성하고, 각각의 수신 안테나 마다 동일한 개수의 전송 안테나로 빔을 형성하는 빔 형성 장치.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 빔 형성 장치 및 이를 이용한 빔 형성 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 선형 배열 안테나를 통한 빔 형성 기술(Linear array beamforming)은 신호를 전송 혹은 수신할 때 수신신호의 신호대잡음비(SNR)을 높게 하여 에러 확률이나 채널 용량의 성능을 향상시키는 기법이다.

[0003] 전송 안테나가 여러 개인 경우, 하나의 심볼을 전송하고자 할 때 다중의 전송 안테나를 사용하기 때문에, 여러 개의 같은 신호가 각각의 전송 안테나에서 전송되게 되고, 이 신호들이 각 채널을 통과 후 수신 안테나에서 수신될 때 하나로 합쳐지게 된다. 이 경우 각 신호의 합이 크게 되도록 전송 단에서 각 위상차이를 변경하여 전송하면 수신 시 신호대 잡음비를 높게 할 수 있다.

[0004] 이때, 빔 형성 기술은 사용자의 위치가 서로 먼 경우에는 간섭이 적지만, 사용자의 위치가 가까워 서로의 빔들이 겹칠 경우 간섭으로 인하여 시스템 성능에 큰 악영향을 끼치게 되는 문제가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명은 간섭을 최소화할 수 있는 빔 형성 장치 및 이를 이용한 빔 형성 방법을 제안하고자 한다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 본 발명의 일 양태에 따른 빔 형성 방법은 빔 형성 장치가 빔을 형성하는 방법에서, 데이터를 변조시켜 심볼을 형성하는 단계, 형성된 상기 심볼에 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 단계, 그리고 상기 전송심볼 별로 전송 안테나를 임의적으로 변경하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 전송심볼을 형성하는 단계는, 상기 심볼 별로 서로 다른 확산코드를 적용하여 상기 전송심볼을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 빔을 형성하는 단계는, 상기 전송심볼 별로 스위칭하여 전송 안테나를 선택하는 단계, 그리고 상기 전송심볼의 위상을 변환하여 상기 선택된 안테나 별로 빔을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 양태에 따른 빔 형성 장치는, 심볼 별로 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 전송심볼 형성부, 그리고 형성된 상기 전송심볼 별로 서로 다른 안테나를 임의적으로 선택하여 빔을 형성하는 빔 형성부를 포함한다.

[0010] 상기 전송심볼 형성부는, 데이터를 변조시켜 상기 심볼을 형성하는 심볼 형성부, 그리고 형성된 상기 심볼 마다 확산코드를 적용하여 상기 전송심볼을 형성하는 확산코드 적용부를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 빔 형성부는, 상기 전송심볼 별로 스위칭하여 전송 안테나를 선택하는 스위칭부, 상기 전송심볼의 위상을 변환하는 위상 변환기, 그리고 신호를 송출하는 복수의 전송 안테나를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 빔 형성부는, 수신 안테나의 개수에 따라 전송 안테나의 개수를 임의적으로 선택하여 빔을 형성하고, 각각의 수신 안테나 마다 동일한 개수의 전송 안테나로 빔을 형성할 수 있다.

**발명의 효과**

[0013] 본 발명에 따르면, 확산이득이 작은 확산 코드를 사용하고, 전송 안테나를 임의적으로 선택하여 빔을 형성함으로써, 여러 명의 사용자에게 동시에 신호를 전송할 때에 간섭을 완화할 수 있는 환경을 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

[0014] 도 1는 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치를 간략히 도시한 도면이다.  
 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따라 전송심볼 별로 확산코드를 적용하여 빔을 형성하는 빔 형성 장치를 구체적으로 도시한 도면이다.  
 도 3은 전송단과 수신단의 각도에 따라서 위상 차이가 발생하는 예를 도시한 도면이다.  
 도 4는 심볼에 확산 코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 예를 도시한 도면이다.  
 도 5는 고정된 전송 안테나로 빔을 형성한 전송 각도에 따른 빔 패턴을 도시한 도면이다.  
 도 6은 전송 안테나를 바꿔주면서 빔을 형성한 형성한 전송 각도에 따른 빔 패턴을 도시한 도면이다.  
 도 7은 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치가 빔을 형성하는 과정을 도시한 도면이다.  
 도 8은 일정한 사용자 수가 존재 시 서로 다른 안테나 선택방법을 사용하였을 때 시뮬레이션 결과를 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0015] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0016] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0017] 이제 도 1 내지 도 8을 참고하여 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치 및 이를 이용한 빔 형성 방법에 대하여 상세하게 설명한다.

[0018] 도 1는 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치를 간략히 도시한 도면이다. 이때, 빔 형성 장치(100)는 본 발명의 실시예에 따른 설명을 위해 필요한 개략적인 구성만을 도시할 뿐 이러한 구성에 국한되는 것은 아니다.

[0019] 도 1을 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 빔을 형성해 복수의 사용자 또는 수신 안테나에 동시에 신호를 전송할 수 있는 장치로서, 전송심볼 형성부(110), 빔 형성부(120) 및 제어부(130)를 포함한다.

[0020] 전송심볼 형성부(110)는 데이터를 변조시켜 심볼을 형성하고, 각각의 심볼 별로 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성한다.

[0021] 그리고, 전송심볼 형성부(110)는 본 발명의 한 실시예에 따라 심볼 형성부(112) 및 확산코드 적용부(114)를 포함한다.

[0022] 심볼 형성부(112)는 전송하고자 하는 데이터를 변조기를 통해 변조시켜 심볼을 형성한다.

[0023] 확산코드 적용부(114)는 심볼 형성부(102)에서 형성된 심볼마다 확산코드를 적용하는 전송심볼을 형성한다. 이때, 확산코드 적용부(114)는 주파수에 대한 낭비를 최소화할 수 있도록 확산이득이 작은 확산코드를 적용한다.

[0024] 여기서, 확산이득은 전송신호를 주파수 대역이 확산코드에 의해서 확산되는 정도를 나타내며, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 확산이득이 작은 확산코드를 사용하여 서로 다른 사용자간의 간섭을

완화한다.

- [0025] 빔 형성부(120)는 전송심볼 별로 스위칭하여 서로 다른 전송 안테나를 선택하고, 전송심볼의 위상을 변환하여 빔을 형성한다. 이때, 빔 형성부(120)는 사용자의 수에 따라서 각 사용자 신호를 전송하는 전송 안테나를 임의적으로 선택하여 빔을 형성한다.
- [0026] 그리고, 빔 형성부(120)는 본 발명의 한 실시예에 따라 스위칭부(122), 위상변환기(124) 및 빔 송출부(126)를 포함한다.
- [0027] 스위칭부(122)는 전송심볼 별로 스위칭하여 빔을 형성할 전송 안테나를 선택한다.
- [0028] 위상변환기(124)는 전송심볼의 위상을 변환한다. 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 위상변환기(124)를 통해 전송심볼의 위상을 돌려서 신호를 전송함으로써, 수신 안테나가 같은 위상의 신호를 수신하게 하여 신호대잡음비(SNR)을 높일 수 있다.
- [0029] 빔 송출부(126)는 빔을 형성하고, 형성된 빔을 송출한다. 빔 송출부(126)는 적어도 하나 이상의 수신 안테나로 형성된 빔을 송출하는 복수의 전송 안테나를 포함한다.
- [0030] 제어부(130)는 전송심볼 형성부(110) 및 빔 형성부(120)의 동작이 원활하게 동작하도록 제어한다. 제어부(130)는 전송심볼 형성부(110)가 심볼마다 확산코드를 적용하도록 제어하고, 빔 형성부(120)가 수신 안테나 별로 동일한 개수의 전송 안테나를 선택하도록 제어한다.
- [0031] 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따라 전송심볼 별로 확산코드를 적용하여 빔을 형성하는 빔 형성 장치를 구체적으로 도시한 도면이다.
- [0032] 우선, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 위상변환기(124)가 많아질 경우 하드웨어가 복잡해지기 때문에 저복잡도를 고려하여 하나의 전송 안테나에 하나의 위상변환기(124)만을 가진 장치를 고려한다. 또한, 이하 일 실시예에 따른 설명에서는 여러 명의 사용자(예를 들어, K 명의 사용자)에게 동시에 신호를 전송하는 경우를 가정한다. 그리고, 빔 송출부(136)에는  $N(KM)$ 개의 안테나가 있는 다중 입력 단일 출력(MISO) 채널을 고려한다.
- [0033] 그리고, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 하나의 전송 안테나에 하나의 위상변환기(124)가 이용되므로, 여러 명의 사용자에게 동시에 빔형성 기법을 사용하기 위해서는 전송 안테나는 각 사용자를 위해서 상호 배타적으로 할당된다.
- [0034] 이때, 안테나 선택에 대한 문제가 발생한다. 최적의 안테나를 선택하는 방법은 안테나 수가 많고 채널이 자주 바뀌는 채널에서 그 조합을 많고 채널 바뀔 때마다 계속 수행해야 하기 때문에 복잡도 너무 크다.
- [0035] 따라서, 가장 간단한 안테나 선택방법은 첫 번째 사용자에게 처음 M 개의 안테나를 사용하고, 그 다음 사용자에게는 그 다음 M 개를 사용하는 식의 고정된 방법을 사용할 수 있다. 하지만, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 이러한 선택 방법을 고정적으로 하는 것보다 임의적(Random)으로 계속 변경시켜 줌으로써 더 큰 이득을 가진다.
- [0036] 도 2를 참고하면,  $m_k$ 는 사용자 k에게 보내려는 데이터 (0혹은 1의 스트림)이고,  $s_k$ 는  $m_k$ 에 따라 변환된 심볼이다. 그리고,  $c^{(k)}$ 는 사용자 k에게 할당된 확산코드이다. 그리고,  $f_c$ 는 반송파의 주파수(carrier frequency)이다.
- [0037] 스위칭부(122)는 무선 선택(RF selection)에 따른 스위칭을 통하여 각 사용자마다 사용하는 전송 안테나를 변경하여 준다. 이를 통해 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 임의적인(random) 안테나 선택(안테나 선택 시 매 전송심볼마다 선택을 변경)을 이용하여 근접한 빔 간의 간섭을 완화한다. 그리고, 빔 형성 장치(100)는 전송 안테나를 변경하는 것 만으로는 통신이 가능할 만큼 간섭을 제거할 수 없기 때문에, 확산이득이 작은(또는 길이가 짧은) 확산코드를 이용해 간섭을 최소화한다.
- [0038] 도 3은 전송단과 수신단의 각도에 따라서 위상 차이가 발생하는 예를 도시한 도면이다.
- [0039] 위상변환기(124)는 수신 안테나의 신호 수신 시에 신호대잡음비를 줄이기 위해서 전송 신호의 위상을 돌려주어야 하는데, 각 전송 안테나마다 위상을 얼마나 돌려야 하는지 정해야 한다.
- [0040] 먼저, 선형으로 배열된 전송 안테나를 가정하고 가시선(LOS)만을 고려하면, 전송 안테나와 전송 신호가 이루는

각에 의해서 전송 신호의 거리 차이가 발생하게 되고, 이는 위상차이로 직결되게 된다.

[0041] 여기서, 도 3은 각도에 따라서 발생하는 거리의 차이를 나타낸다. 이러한 채널에서 각 전송 안테나마다 채널 감쇠는 거의 같기 때문에 이는 모두 1로 가정할 수 있고, 각도에 따라서 위상 차이가 나는 채널을 생성할 수 있다.

[0042] 위의 각 거리 차이에 따라서 위상 차이를 표현하면, 채널은 다음의 수학적 식 1과 같다.

**수학적 식 1**

$$\mathbf{h}(\phi) = \left[ e^{-j\left(\frac{N-1}{2}\right)\frac{2\pi d}{\lambda} \cos\phi}, e^{-j\left(\frac{N-1}{2}+1\right)\frac{2\pi d}{\lambda} \cos\phi}, \dots, e^{j\left(\frac{N-1}{2}\right)\frac{2\pi d}{\lambda} \cos\phi} \right]^H$$

[0043]

[0044] 여기에서  $\phi$ 는 전송 안테나와 전송 신호가 이루는 방향을 의미하고,  $d$ 는 전송 안테나 사이의 거리,  $\lambda$ 는 파장을 의미한다. 마지막으로  $N$ 은 전송 안테나의 개수이다.

[0045] 그리고, 채널을 통과한 신호는 채널이 정해졌기 때문에 다음의 수학적 식 2와 같다.

**수학적 식 2**

$$\mathbf{y} = \mathbf{h}^H(\phi)\mathbf{x} + \mathbf{v} = \mathbf{h}^H(\phi)\mathbf{w}s + \mathbf{v}$$

[0046]

[0047] 여기에서  $\mathbf{h}(\phi)$ 는 송신단과  $\phi$ 각도를 이루는 채널이고,  $\mathbf{x}$ 는 전송신호로  $N \times 1$  열 벡터(column vector)이고,  $\mathbf{w}$ 는 빔포밍 벡터(Beamforming vector)로  $N \times 1$ 의 열 벡터이다. 여기서, 빔포밍 벡터는 각 안테나마다 그대로 같은 신호를 전송하는게 아니라, 위상을 변화하여 전송하기 때문에 이를 나타내는 벡터이다. 그리고,  $s$ 는 전송심볼을 나타내고,  $\mathbf{v}$ 는 잡음을 나타낸다.

[0048] 이때,  $\mathbf{x}^T$ 는 트랜스포즈(transpose)이고,  $\mathbf{x}^H$ 는 켤레켄정 트랜스포즈(conjugate transpose)를 나타낸다. 예를

들어,  $\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1+j \\ 2-j \\ 3+3j \end{bmatrix}$  일 때  $\mathbf{a}^T = [1+j, 2-j, 3+3j]$ ,  $\mathbf{a}^H = [1-j, 2+j, 3-3j]$ 를 나타낸다.

[0049] 그리고, 빔포밍 벡터는 각 안테나가 가진 채널의 위상 차이를 보상해주기 위해서 다음의 수학적 식 3과 같이 표현할 수 있다.

**수학적 식 3**

$$\mathbf{w} = \frac{1}{N} \mathbf{h}(\phi)$$

[0050]

[0051] 이러한 경우 우리가 전송하고자 하는 각도에 대해서는 수신 신호가 크게 되고 그 외의 부분에서는 작게 된다.

[0052] 도 4는 심볼에 확산 코드를 적용하여 전송심볼을 형성하는 예를 도시한 도면이다.

[0053] 아래 도 5에서와 같이, 빔 패턴(beam pattern)의 경우, 우리가 원하는 방향으로 신호가 크게 수신되지만, 그

위의 지역에서는 신호가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 메인 빔(Main beam)은 신호의 크기가 제일 큰 부분을 나타내고, 그 외의 부분은 사이드 빔(side beam)이 된다.

[0054] 사이드 빔은 그 수신 신호가 작기 때문에 간섭의 영향이 작다. 하지만, 만약 사용자 또는 수신 안테나의 위치가 가까워 서로의 메인 빔이 겹칠 경우, 간섭으로 인하여 시스템 성능에 큰 악영향을 끼치게 된다.

[0055] 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 확산코드를 이용하여 메인 빔이 겹치더라도 간섭의 영향을 없앨 수 있도록 한다. 이때, 확산코드는 1과 -1로 이루어진 하나의 시퀀스(sequence)로, 같은 확산코드를 곱했을 경우에는 큰 값을 가지지만 다른 코드를 곱했을 경우 그 상호 상관 값(cross correlation)이 낮아지게 된다. 따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 이러한 방식으로 서로 다른 사용자간의 간섭의 영향을 완화할 수 있다.

[0056] 그리고, 보통 확산코드의 길이가 길수록 상호 상관 값이 작아지고 더 많은 코드가 생겨 많은 사용자를 사용할 수 있어 좋지만, 이는 하드웨어적으로 복잡도가 증가하는 문제가 발생한다.

[0057] 왜냐하면, 한 심볼 타임이 존재할 때 이를 확산코드를 이용해서 확산시켜주는 것은 하나의 심볼 타임을 확산 코드의 길이만큼 나눠주고, 그 각각은 심볼에 1혹은 -1이 곱해진 역할이 되기 때문이다. 따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 확산 이득이 작거나 길이가 짧은 확산 코드를 이용하여 이러한 문제를 해결한다.

[0058] 이제 도 5 및 도 6을 참고하여 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)가 전송 안테나가 고정된 경우의 빔 패턴과 전송 안테나를 임의적으로 바꿔준 경우의 빔 패턴을 상세히 설명한다.

[0059] 도 5는 고정된 전송 안테나로 빔을 형성한 전송 각도에 따른 빔 패턴을 도시한 도면이다.

[0060] 도 5는 수신 안테나의 위치, 즉 전송 신호를 송출하는 각도에 따라서 수신신호의 크기가 어떻게 되는지를 보여주는 것을 빔 패턴(beam pattern)을 나타낸다. 도 5를 참조하면, 전송하는 각도(target angle)가 정해져 있을 때, 수신되는 위치가 달라지면서 빔 패턴이 어떻게 되는지를 나타낸다.

[0061] 도 6은 전송 안테나를 바꿔주면서 빔을 형성한 형성한 전송 각도에 따른 빔 패턴을 도시한 도면이다.

[0062] 도 6을 참조하면, 빔 형성 시에 전송 안테나를 임의적으로 선택하여 계속 바꿔줄 경우이며, 이때의 빔 패턴은 일정한 모양을 이루는게 아니라 계속 변하게 된다. 따라서, 도 5에서와 같이 안테나 선택을 고정된 방법으로 이용할 경우와 도 6에서와 같이 안테나 선택을 계속 바꿔 줄 경우 평균 빔 패턴(average beam pattern)을 비교할 수 있다.

[0063] 위의 결과를 보면 기본적으로 도 6과 같이 임의적으로 전송 안테나를 계속 선택해주는 경우에, 빔 폭이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 빔 형성은 기본적으로 사이드 빔 즉, 원치 않는 방향은 간섭을 완화하는 효과를 가지고 있기 때문에, 메인 빔이 겹치는 가까운 위치의 간섭을 줄이는데 효과적이다. 그리고, 빔 폭을 줄이는 것은 간섭 완화에 이득을 갖는다.

[0064] 그리고, 각 사용자에게 사용되는 빔포밍 벡터는 사용자인 수신 안테나와의 각도를 알게 되면, 이를 구성 할 수 있다. 하지만, 여기서 각 사용자마다 총 M 개의 안테나만 사용되기 때문에 빔포밍 벡터는 다음의 수학적 4와 같다.

**수학적 4**

$$w_k(m) = \begin{cases} \frac{1}{N} e^{-j\left(\frac{N-1}{2}+m-1\right)\frac{2\pi d}{\lambda} \cos\phi_k} & \text{for } m \in \Omega_k \\ 0 & \text{for } m \notin \Omega_k \end{cases}$$

[0065]

[0066] 여기서  $w_k$ 는 사용자 k를 위한 빔포밍 벡터를 의미하고,  $w_k(m)$ 은  $w_k$ 의 m번째 원소이다.  $\Omega_k$ 는 사용자 k를 위한 선택된 안테나 집합을 의미한다. 이 경우 임의적으로 선택을 바꿔줄 경우에는 모든 전송 안테나가 선택될 확률이

모두 같은 균등 분포(uniform distribution)를 갖도록 한다.

[0067] 그리고, 위 수학식 4에서 사용자 k의 수신신호는 다음의 수학식 5와 같다.

**수학식 5**

$$y_k[l] = \mathbf{h}^H(\phi_k)\mathbf{x}[l] + v[l] = \mathbf{h}^H(\phi_k)\left(\sum_{k=1}^K \mathbf{w}_k x_k[l]\right) + v[l]$$

$$= \mathbf{h}^H(\phi_k)\left(\sum_{k=1}^K \mathbf{w}_k c^{(k)}[l]s_k\right) + v[l] \quad \text{for } 1 \leq l \leq L$$

[0068]

[0069] 여기서, l은 각 칩(chip)에 해당하는 타임 인덱스(time index)이고, L은 확산코드 길이이다. 그리고,  $\phi_k$ 는 사용자 k와 전송단이 이루는 각도이고, 이에 따라서 사용자 k와의 채널은  $h(\phi_k)$ 로 표현된다. 또한,  $x[l]$ 은 전송 신호가 되고,  $v[l]$ 은 잡음을 의미한다.

[0070] 그리고, 전송신호  $x[l]$ 은 빔포밍 벡터  $\mathbf{w}_k$ 와 보내려는 신호  $x_k[l]$ 가 곱해진 형태로 표현되고, 이는 다중 사용자를 지원하므로 가중(summation) 형태가 된다. 또한, 보내려는 신호는 확산코드를 이용했기 때문에 확산코드  $c^{(k)}[l]$ 과 심볼  $s_k$ 가 곱해진 형태로 나타낸다.

[0071] 이제 도 7을 참고하여 빔 형성 장치가 빔을 형성하는 과정을 상세히 설명한다.

[0072] 도 7은 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치가 빔을 형성하는 과정을 도시한 도면이다. 이때, 이하의 흐름도는 도 1 및 도 2의 구성과 연계하여 동일한 도면부호를 사용하여 설명한다.

[0073] 도 7을 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 전송심볼 형성부(110)가 데이터를 변조시켜 심볼을 형성한다(S100).

[0074] 그리고, 전송심볼 형성부(110)는 형성된 심볼에 확산이득이 작거나 길이가 짧은 확산코드를 적용하여 전송심볼을 형성한다(S110).

[0075] 빔 형성 장치(100)는 빔 형성부(120)를 통해 전송심볼 별로 스위칭하여 안테나를 선택한다(S120).

[0076] 그리고, 빔 형성부(120)는 전송심볼의 위상을 변환하고, 선택된 안테나 별로 빔을 형성한다(S130). 이때, 빔 형성부(120)는 수신 안테나의 개수에 따라 전송 안테나의 개수를 임의적으로 선택하여 빔을 형성하고, 각각의 수신 안테나에 동일한 개수의 전송 안테나로 빔을 형성한다.

[0077] 도 8은 일정한 사용자 수가 존재 시 서로 다른 안테나 선택방법을 사용하였을 때 시뮬레이션 결과를 도시한 도면이다.

[0078] 도 8을 참조하면, 다섯 명의 사용자가 존재할 경우, a) 확산코드를 사용하며 기준과 같이 고정된 전송안테나로 빔을 형성한 경우와 b) 확산코드를 사용하며 전송 안테나의 선택을 계속 바꿔 빔을 형성했을 경우 SNR에 따른 BER 그래프이다. 전체 전송 안테나는 30개, 확산코드의 상호 상관 값은 1/7값을 갖는다 것을 고려한다.

[0079] 이와 같이, 본 발명의 한 실시예에 따른 빔 형성 장치(100)는 전송 안테나를 임의적으로 선택하고, 확산이득이 작은 확산 코드를 사용하여 빔을 형성함으로써, 여러명의 사용자에게 동시에 신호를 전송할 때에 간섭을 완화할 수 있는 환경을 제공한다.

[0080] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다. 이러한 기록 매체는 서버뿐만 아니라 사용자 단말에서도 실행될 수 있다.

[0081] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

100: 빔 형성 장치

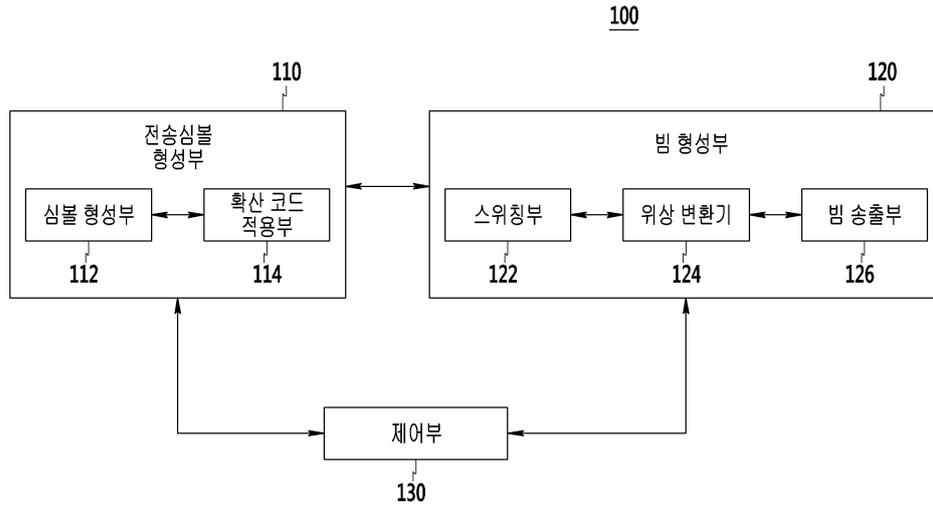
110: 전송심볼 형성부

120: 빔 형성부

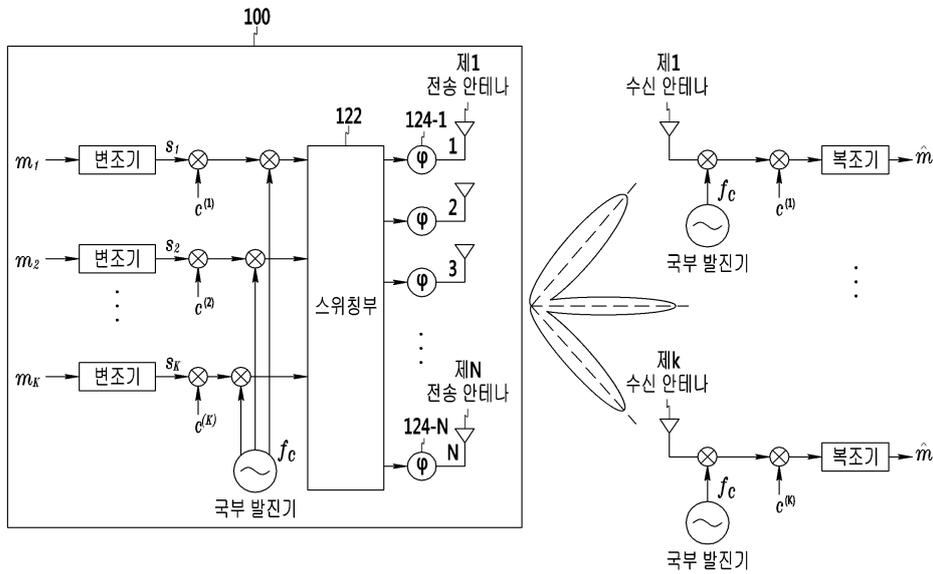
130: 제어부

도면

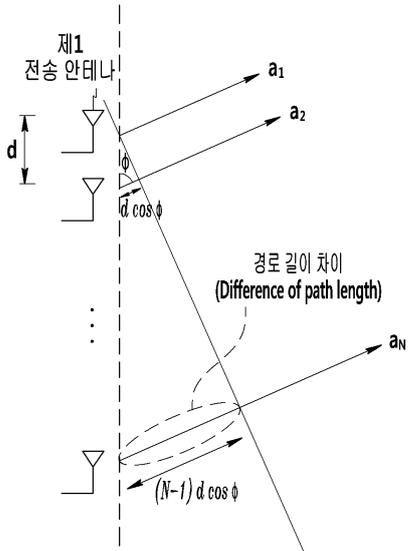
도면1



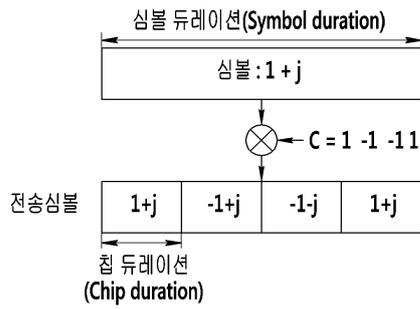
도면2



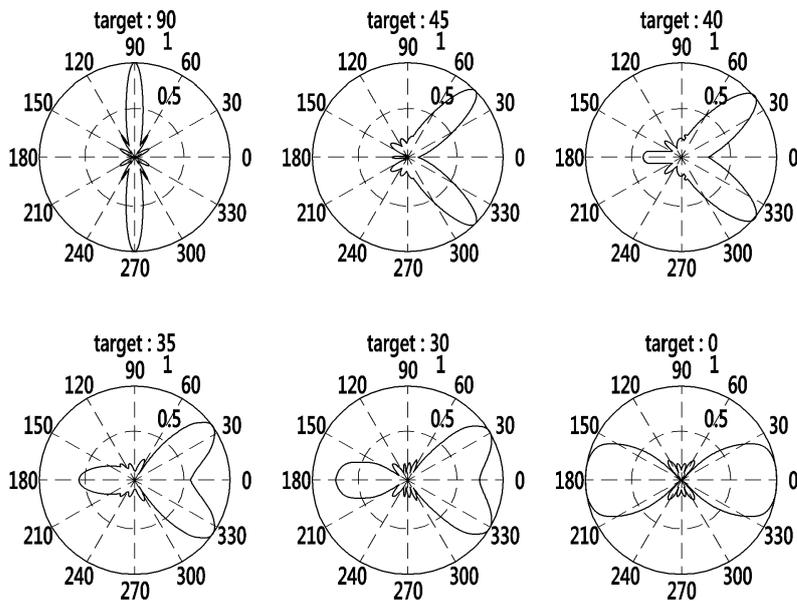
도면3



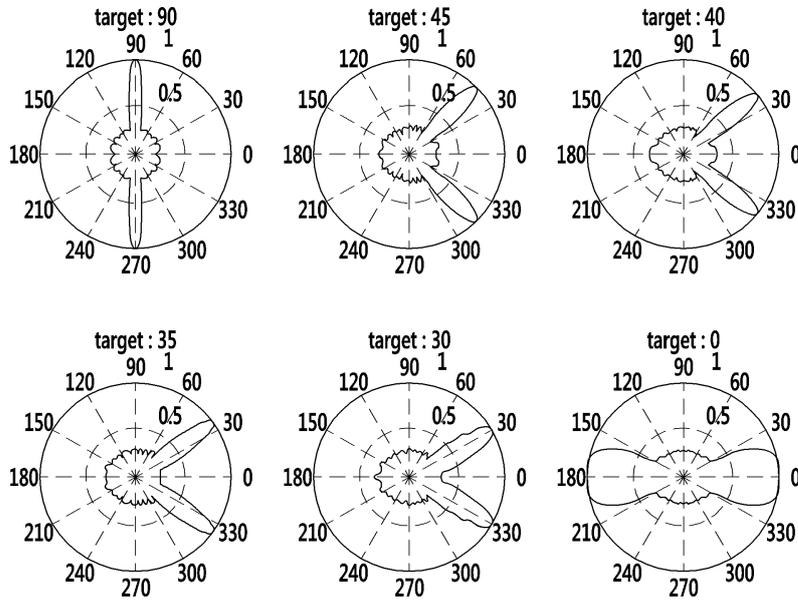
도면4



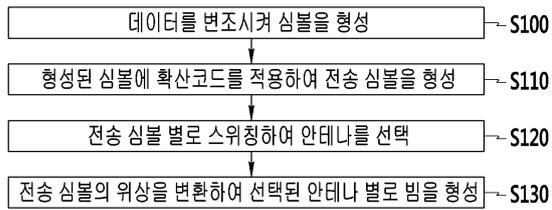
도면5



도면6



도면7



도면8

