(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0005685
(43) 공개일자 2008년01월15일

(51) Int. Cl.
*H04B 7/155* (2006.01) *H04B 7/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0064327
(22) 출원일자 2006년07월10일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
**인하대학교 산학협력단**
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
**정재학**
경기도 광명시 광명1동 11-3 대영빌라 가동 402호
**지영근**
충청남도 서산시 운산면 신창리 4반 414번지
**서정원**
인천광역시 남구 용현4동 인하대학교 전자공학과
(74) 대리인
**이건주**

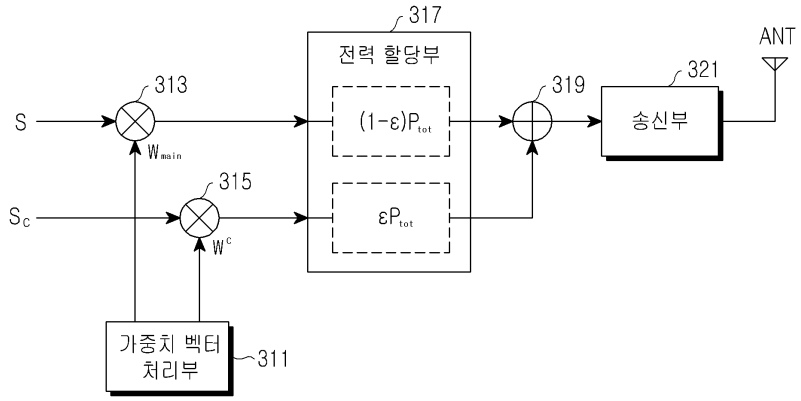
전체 청구항 수 : 총 17 항

# (54) 무선 통신 네트워크에서 빔 형성 장치 및 방법

## (57) 요 약

본 발명은 무선 통신 네트워크에서 빔 형성(beam-forming)을 위해, 데이터 송신을 위해 형성한 주빔의 제 1 가중치 벡터를 획득하고, 상기 획득한 제 1 가중치 벡터와 직교성을 갖는 제 2 가중치 벡터를 생성한 후, 상기 생성된 제 2 가중치 벡터를 임의의 신호에 적용하고, 상기 제 2 가중치 벡터가 적용된 신호를 상기 데이터와 함께 전송하여 보완빔을 형성한다.

*대표도* - 도3



## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

무선 통신 네트워크에서 빔 형성(beam-forming) 방법에 있어서,

데이터 송신을 위해 형성한 주빔의 제 1 가중치 벡터를 획득하는 과정과,

상기 획득한 제 1 가중치 벡터와 직교성을 갖는 제 2 가중치 벡터를 생성하는 과정과,

상기 생성된 제 2 가중치 벡터를 임의의 신호에 적용하는 과정과,

상기 제 2 가중치 벡터가 적용된 신호를 상기 데이터와 함께 전송하여 보완빔을 형성하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 무선 통신 네트워크는 반송파 감지 다중 접속(CSMA: Carrier Sense Multiple Access) 기법을 사용하여 통신하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 가중치 벡터는 하기의 수학식에 상응하여 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

L = N - K

L은 제 2 가중치 벡터의 개수이고, N은 전체 선형 배열 안테나의 개수이고, K는 제 1 가중치 벡터의 개수(주빔의 개수)임.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 가중치 벡터를 생성하는 경우 그람-슈미츠 직교화(Gram-Schmidt orthogonalization) 기법을 사용하여 상기 제 2 가중치 벡터를 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 가중치 벡터의 생성은 상기 주빔의 가중치 벡터에 직교하는 하기의 수학식에 나타난 직교 벡터들을 사용하여 상기 제 2 가중치 벡터를 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

$$\mathbf{u}_i = \mathbf{v}_i - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{(\mathbf{u}_j)^H \mathbf{v}_i}{(\mathbf{u}_j)^H \mathbf{u}_j} \cdot \mathbf{u}_j \quad , \quad (i = 2 \ldots N)$$

$\mathbf{v}_i$ 는 N x 1 크기의 선형독립벡터이고, $\mathbf{u}_j$는 순차적으로 생성되는 N x 1 크기의 직교 벡터임.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 가중치 벡터가 적용된 신호 전송 시에 전체 전력의 일부를 할당하여 전송하는 것을 특징으로 하는 상기 빔 형성 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 보완빔의 전력 준위는 잡음의 전력 준위보다 큰 전력 준위를 갖는 것을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 보완빔은 주빔을 제외한 지역에서 전방향 방사 패턴을 갖도록 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 방법.

**청구항 9**

무선 통신 네트워크에서 빔 형성(beam-forming) 장치에 있어서,

데이터 송신을 위해 형성한 주빔의 제 1 가중치 벡터를 획득하고, 상기 제 1 웨이트 벡터와 직교성을 유지하는 제 2 가중치 벡터를 생성하는 가중치 벡터 처리부와,

상기 데이터 신호에 상기 가중치 벡터 처리부의 제 1 가중치 벡터를 곱셈하여 출력하는 제 1 곱셈기와,

상기 임의의 송신 신호에 상기 제 2 가중치 벡터를 곱셈하여 출력하는 제 2 곱셈기와,

상기 제 1 곱셈기와 상기 제 2 곱셈기의 출력신호를 혼합하여 전송하는 혼합기를 포함함을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 무선 통신 네트워크는 반송파 감지 다중 접속(CSMA: Carrier Sense Multiple Access) 기법을 사용하여 통신하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

**청구항 11**

제 9 항에 있어서,

상기 가중치 벡터 처리부는 상기 제 2 가중치 벡터를 하기의 수학식에 상응하여 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

L = N - K

L은 제 2 가중치 벡터의 개수이고, N은 전체 선형 배열 안테나의 개수이고, K는 제 1 가중치 벡터의 개수(주빔의 개수)임.

**청구항 12**

제 9 항에 있어서,

상기 가중치 벡터 처리부는 상기 제 2 가중치 벡터를 생성하는 경우 그람-슈미츠 직교화(Gram-Schmidt orthogonalization) 기법을 사용하여 상기 제 2 가중치 벡터를 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 가중치 벡터 처리부는 상기 주빔의 가중치 벡터에 직교하는 하기의 수학식에 나타난 직교 벡터들을 사용하여 상기 제 2 가중치 벡터를 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

$$\mathbf{u}_i = \mathbf{v}_i - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{(\mathbf{u}_j)^H \mathbf{v}_i}{(\mathbf{u}_j)^H \mathbf{u}_j} \cdot \mathbf{u}_j \quad , \quad (i = 2 \ldots N)$$

$\mathbf{v}_i$ 는 N x 1 크기의 선형독립벡터이고, $\mathbf{u}_i$는 순차적으로 생성되는 N x 1 크기의 직교 벡터임.

**청구항 14**

제 9 항에 있어서,

상기 제 2 가중치 벡터가 적용된 신호 전송 시에 전체 전력의 일부를 할당하여 전송하는 전력 할당부를 더 포함함을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 전력 할당부는 상기 보완빔의 전력 준위가 잡음의 전력 준위보다 큰 전력 준위를 갖도록 전력 제어하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

**청구항 16**

제 9 항에 있어서,

상기 보완빔은 주빔을 제외한 지역에서 전방향 방사 패턴을 갖도록 생성하는 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

**청구항 17**

제 9 항에 있어서,

상기 빔 형성 장치는 액세스 포인트인 것을 특징으로 하는 빔 형성 장치.

# *명 세 서*

## *발명의 상세한 설명*

### *발명의 목적*

#### *발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술*

<6> 본 발명은 무선 통신 네트워크(wireless communication network)에 관한 것으로서 특히, 무선 통신 네트워크에서 빔 형성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

<7> 일반적인 통신 네트워크, 일예로 근거리 통신 네트워크(LAN: Local Area Network, 이하 'LAN'이라 칭하기로 한다)는 300미터(m) 이하의 통신회선으로 연결된 개인 단말기, 메인 프레임, 워크스테이션들의 집합으로써, 개인 단말기들 사이의 전류나 전파신호가 정확히 전달될 수 있는 거리, 즉 한 기관의 빌딩 내에 설치된 장비들을 직원들이 가장 효과적으로 공동 사용할 수 있도록 연결된 고속의 통신 네트워크이다. 이러한 LAN에 적용되는 통신회선으로 초기에는 전기적 신호를 직접 전달하는 유선 네트워크가 주로 사용되었다. 그 후 무선 프로토콜들의 발달로 인해 전파를 사용하여 신호를 전달하는 무선 네트워크를 사용하는 무선 통신 네트워크의 형태로 점차 대체되고 있는 실정이다. 이러한 무선 통신 네트워크 일예로, 무선 네트워크를 사용하는 LAN을 통상적으로 무선 근거리 통신 네트워크(WLAN: Wileless Local Area Network)이라 하며, 이는 미국 전기전자 학회(IEEE)에서 제안한 IEEE 802.11에 기초하고 있다. 상기 IEEE 802.11에 기초한 무선 LAN은 지난 몇 년간 막대한 성장을 해왔으며, 편리한 네트워크 연결이라는 장점에 힘입어 향후에도 빠른 발전이 예상되고 있다.

<8> 도 1은 일반적인 무선 통신 네트워크들을 개략적으로 도시한 도면이다.

<9> 상기 도 1을 참조하면, 무선 통신 네트워크는 고정노드 즉, 액세스 포인트(AP: Access Point)(110)와, 상기 액세스 포인트(110)로부터 서비스를 제공받는 이동 노드 즉, 단말기들(111, 113, 115)을 포함한다.

<10> 이때 상기 액세스 포인트(110)는 기존의 유선랜의 허브와 유사한 기능을 수행한다. 또한 상기 액세스 포인트(110)는 상기 단말기들(111, 113, 115)을 포함한 다수의 단말기와 통신을 위한 서비스 영역을 가진다.

<11> 여기서 상기 액세스 포인트(110)는 배열 안테나를 사용하여 각 단말기들(111, 113, 115)과 통신을 수행한다고 가정하기로 한다. 상기 액세스 포인트(110)는 데이터를 전송할 단말기(111)와 통신하기 위해 상기 단말기(111) 방향으로 전력을 모두 할당하여 빔(120)을 생성한다. 이때 상기 액세스 포인트(110)가 상기 제 1 단말기(111)와 통신하기 위해서 생성한 상기 빔(120)을 주빔(main beam)이라 하고, 상기 주빔(main beam)을 통해서 상기 액세

스 포인트(110)는 상기 제 1 단말기(111)에게 데이터를 전송한다.

<12> 또한, 상기 액세스 포인트(110)와 단말기들(111, 113, 115)이 통신하는 경우에 반송파 측정 다중 접속(CSMA: Carrier Sense Multiple Access, 이하 'CSMA'라 칭하기로 한다) 방식을 사용하여 통신한다고 가정한다. 따라서 각 단말기는 상기 액세스 포인트(110)와 채널 액세스를 위해, 다른 단말기가 현재 공유 채널을 통해 상기 액세스 포인트(110)와 통신하고 있는지의 여부를 확인한 후 통신을 시도한다. 예를 들어, 상기 제 2 단말기(113)가 상기 액세스 포인트(110)와 통신을 원하는 경우에는 다른 단말기들(111, 115)이 통신하고 있는지의 확인을 위해서 반송파(carrier)의 에너지(energy)를 측정한다. 그리하여 상기 액세스 포인트(110)가 현재 단말기와 통신하고 있지 않다고 판단한 경우에는 상기 제 2 단말기(113)는 상기 액세스 포인트(110)로 데이터 전송을 시도한다. 하지만 상기 액세스 포인트(110)가 예를 들어, 상기 제 1 단말기(111)와 통신하고 있는 경우에는 미리 설정된 일정 시간 등이 경과한 이후에 상기 액세스 포인트(111)의 통신 여부를 재확인하게 된다.

<13> 그러나, 상기 제 2 단말기(113)가 현재 상기 액세스 포인트(110)가 상기 제 1 단말기(111)와 통신하는지의 여부를 확인할 수 없는 음영 지역에 존재할 수 있다. 만약, 상기 제 2 단말기(113)가 상기한 바와 같이 음영 지역에 존재하여 현재 상기 액세스 포인트(110)가 상기 제 1 단말기(111)와 통신하고 있음을 감지할 수 없다면, 상기 제 2 단말기(113)는 상기 액세스 포인트(110)와 통신을 위해 데이터 전송을 시도할 것이다.

<14> 마찬가지로, 상기 제 제 2 단말기(113) 이외에도 상기 액세스 포인트(110)의 통신 여부를 감지할 없는 음영 지역에 존재하는 단말기들 역시 상기 제 2 단말기와 같은 데이터 전송을 시도하게 될 것이다.

<15> 즉, 상기한 바와 같이 무선 통신 네트워크에서 음영 지역에 존재하는 단말기들은 현재 통신 중인 상기 액세스 포인트(110)로 접속을 시도할 것이고, 이러한 경우 상기 음영 지역의 단말기들은 불필요한 전력 소비를 하게 된다. 또한, 상기 음영 지역의 단말기들이 상기 액세스 포인트(110)로 전송을 시도하게 됨에 따라서 상기 액세스 포인트(110)에서는 충돌이 발생하게 되었다. 이에 상기 액세스 포인트에서 발생하는 충돌은 액세스 포인트(110)의 데이터 처리율(throughput)이 감소하게 한다.

<16> 결국, 상기 CSMA 방식을 사용한 무선 통신 네트워크에서는 상기 액세스 포인트의 통신 여부를 확인할 수 없는 음영 지역이 존재하며, 상기 음영 지역으로 인해서 상술한 바와 같이 단말기의 불필요한 전력 소비, 액세스 포인트의 데이터 처리율 감소 등이 발생하여 전체 시스템 성능이 감소하게 된다는 문제점이 있었다.

## *발명이 이루고자 하는 기술적 과제*

<17> 따라서, 본 발명의 목적은 무선 통신 네트워크에서 전체 시스템 성능을 보장하는 빔 형성 장치 및 방법을 제안함에 있다.

<18> 본 발명의 다른 목적은 무선 통신 네트워크에서 음영 지역을 제거하는 빔 형성 장치 및 방법을 제안함에 있다.

<19> 본 발명의 또 다른 목적은 무선 통신 네트워크에서 액세스 포인트와의 통신을 위한 단말기의 불필요한 전력 소비를 감소하는 빔 형성 장치 및 방법을 제안함에 있다.

<20> 본 발명의 또 다른 목적은 무선 통신 네트워크에서 액세스 포인트에서 전송을 시도하는 단말기들로 인한 충돌을 방지하는 빔 형성 장치 및 방법을 제안함에 있다.

<21> 상기한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 방법은, 무선 통신 네트워크에서 빔 형성(beam-forming) 방법에 있어서, 데이터 송신을 위해 형성한 주빔의 제 1 가중치 벡터를 획득하는 과정과, 상기 획득한 제 1 가중치 벡터와 직교성을 갖는 제 2 가중치 벡터를 생성하는 과정과, 상기 생성된 제 2 가중치 벡터를 임의의 신호에 적용하는 과정과, 상기 제 2 가중치 벡터가 적용된 신호를 상기 데이터와 함께 전송하여 보완빔을 형성하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

<22> 상기한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 장치는, 무선 통신 네트워크에서 빔 형성(beam-forming) 장치에 있어서, 데이터 송신을 위해 형성한 주빔의 제 1 가중치 벡터를 획득하고, 상기 제 1 웨이트 벡터와 직교성을 유지하는 제 2 가중치 벡터를 생성하는 가중치 벡터 처리부와, 상기 데이터 신호에 상기 가중치 벡터 처리부의 제 1 가중치 벡터를 곱셈하여 출력하는 제 1 곱셈기와, 상기 임의의 송신 신호에 상기 제 2 가중치 벡터를 곱셈하여 출력하는 제 2 곱셈기와, 상기 제 1 곱셈기와 상기 제 2 곱셈기의 출력신호를 혼합하여 전송하는 혼합기를 포함함을 특징으로 한다.

## *발명의 구성 및 작용*

<23> 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기의 설명에서는 본 발명에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흩트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.

<24> 본 발명에서는 반송파 측정 다중 접속(CSMA: Carrier Sense Multiple Access, 이하 'CSMA'라 칭하기로 한다) 방식을 사용하는 무선 통신 네트워크에서 송신기 예를 들어, 액세스 포인트(AP: Access Point)의 음영 지역을 제거하는 빔 형성 장치 및 방법을 제안한다.

<25> 상기 데이터 송신을 위해 형성한 주빔(main beam)의 제 1 가중치 벡터를 획득하고, 상기 획득한 제 1 가중치 벡터와 직교성을 갖는 제 2 가중치 벡터를 생성한 후 상기 제 2 가중치 벡터를 사용하여 상기 음영지역을 제거하는 보완빔(complementary beam) 형성 장치 및 방법을 제안한다. 여기서 상기 주빔은 상기 송신기 즉, 액세스 포인트에서 배열 안테나 등을 사용하여 수신기 즉, 단말기(MS: Mobile Station)와 통신하기 위해 전력을 모두 할당하여 생성한 빔을 의미한다. 또한, 상기 보완빔은 본 발명에 따라서 상기 주빔의 전력을 측정할 수 없는 즉, 상기 액세스 포인트가 다른 단말기와 통신하고 있는 지의 여부를 판단할 수 없는 음영 지역을 제거하기 위해서 생성된 빔이다.

<26> 한편, 본 발명의 무선 통신 네트워크에서는 CSMA 방식을 사용하여 통신한다고 가정하기로 하며, 상기 CSMA 방식은 반송파 측정 다중 접속/충돌 검출(CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection), 반송파 측정 다중 접속/충돌 검출(CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 등과 같은 방식들을 모두 통칭한다.

<27> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 무선 통신 네트워크의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

<28> 상기 도 2를 참조하면, 상기 무선 통신 네트워크는 고정노드 즉, 액세스 포인트(210)와, 상기 액세스 포인트(210)로부터 서비스를 제공받는 이동 노드 즉, 단말기들(211, 213, 215)을 포함한다.

<29> 이때 상기 액세스 포인트(210)는 기존의 유선랜의 허브와 유사한 기능을 수행한다. 또한 액세스 포인트(210)는 단말기들(211, 213, 215)을 포함한 다수의 단말기와 통신을 위한 서비스 영역을 가진다.

<30> 본 발명에서 상기 액세스 포인트(210)는 빔 형성을 하는 적어도 하나의 배열 안테나를 사용하여 각 단말기들(211, 213, 215)과 통신을 수행한다고 가정하기로 한다. 상기 액세스 포인트(210)는 데이터를 전송할 단말기(211)와 통신하기 위해 상기 단말기(211) 방향으로 전력을 모두 할당하여 빔(230)을 생성한다. 이때 상기 액세스 포인트(210)가 상기 제 1 단말기(211)와 통신하기 위해서 생성한 상기 빔(230)을 주빔(main beam)이라 하고, 상기 주빔(main beam)을 통해서 상기 액세스 포인트(210)는 상기 제 1 단말기(211)에게 데이터를 전송한다.

<31> 상기 제 1 단말기(211)를 제외한 제 2 단말기(213) 또는 제 3 단말기(215)는 각각 상기 액세스 포인트와 통신하기 위해서 현재 상기 액세스 포인트(210)가 자신 이외에 다른 단말기와 통신하는지의 여부를 확인한다. 즉, 상기 제 2 단말기(213) 또는 제 3 단말기(215)는 반송파의 전력을 측정한다.

<32> 이때 본 발명에서는 상기 액세스 포인트(210)도면에 도시된 보완빔(250)을 제안하여 상기 액세스 포인트(210)의 음영 지역을 제거하였다. 따라서 상기 액세스 포인트(210)의 셀내에 존재하는 단말기들은 상기 보완빔(250)을 통해서 상기 액세스 포인트(210)가 다른 단말기와 통신하고 있음을 감지하여 상기 액세스 포인트로의 데이터 전송 또는 접속 시도를 수행하지 않는다. 따라서 상기 액세스 포인트에서(210)의 충돌은 발생하지 않는다.

<33> 본 발명에서는 기존에 주빔에서 사용하던 송신 전력의 일부를 보완빔에 할당한다. 이에 상기 액세스 포인트의 주빔(230)은 보안빔을 형성하지 않는 기존의 주빔(240)의 송신 전력의 일부를 할당함으로서 본 발명의 주빔(230)은 기존의 주빔(240)보다 작은 크기를 갖는다.

<34> 상기 도 2에서는 설명의 편의를 위하여 일예로 하나의 주빔을 생성하는 액세스 포인트를 기준으로 설명하였으나, 하나 이상의 주빔을 사용하는 경우에도 각 주빔에 직교하는 보완빔을 생성하는 것이 가능하다.

<35> 다음으로 상기한 보완빔(250)을 생성하는 액세스 포인트(210)의 구조를 하기에 도 2를 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

<36> 상기 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 빔 형성 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

<37> 상기 도 3을 참조하면, 보완빔을 형성하는 액세스 포인트는 가중치 벡터 처리부(311), 곱셈기(313, 315), 전력 할당부(317), 혼합기(319), 송신부(321)를 포함한다.

<38> 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 상기 액세스 포인트가 단말기와 통신하기 위한 주빔의 가중치 벡터를 계산하고, 상기 계산된 주빔의 가중치 벡터를 사용하여 상기 주빔의 가중치 벡터와 직교성을 유지하는 제 2 가중치 벡터를 생성한다.

<39> 일반적으로 상기 주빔의 가중치 벡터는 배열응답벡터(array response vector) 켤레 복소수 형태이며, 이를 하기의 수학식 1에 나타내었다.

*수학식 1*

<40> $$W = a^{H}$$

<41> 상기 수학식 1에서 상기 $(\bullet)^{H}$는 공액 복소수 전치(conjugate and transpose) 연산을 의미한다. 또한 상기 a는 배열응답벡터이다. 그러면 여기서 상기 배열응답벡터에 대해 간단히 설명하기로 한다.

<42> 상기 액세스 포인트가 단말기와 통신을 위해 상기 송신부에 연결된 미리 설정된 개수, N개의 송신 안테나들을 통해서 상기 액세스 포인트와 통신하는 특정 단말기 k가 있다고 가정한다. 여기서 상기 단말기 k의 수신 신호는 수학식 2로 표현된다.

*수학식 2*

$$y_k(M) = \sum_{l=0}^{L} h_{k,l}\, s_k(m-l) + n(m)$$

<43>

<44> 상기 $\mathbf{y}_k(m)$은 k번째 단말기가 수신한 신호의 m 시간의 샘플 신호이고, 상기 $\mathbf{h}_{k,l}$는 N x 1의 크기를 가지며 l번째 다중경로에 의해 지연되는 단말기 k에 대한 채널값이고, 상기 $s_k$는 상기 k에 대한 액세스 포인트에서의 송신 신호이고, 상기 n은 독립적인 백색잡음(white noise)이다. 여기서 상기 $h_k$는 각 $\Theta$의 도래각(DOA: Direction of Arrival)을 가지며, 하기의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

*수학식 3*

$$h_k = g a(\theta_k)$$

<45>

<46> 여기서 상기 g는 채널 이득이고, 상기 a가 배열응답벡터로서 하기의 수학식 4와 같이 정의된다.

*수학식 4*

$$a(\theta_k) = [1 \quad e^{j\pi\sin(\theta_k)} \quad \cdots \quad e^{j\pi(N-1)\sin(\theta_k)}]^{H}$$

<47>

<48> 상기 배열응답벡터를 일예로 상기 수학식 4에 나타내었다. 상기 배열응답벡터는 임의의 단말기에서 선형 배열 안테나를 사용하는 액세스 포인트로 신호를 송신하는 경우, 전파의 전파지연에 의한 위상 천이를 각 선형 배열 안테나의 원소별로 나열한 벡터이다.

<49> 다음으로 상기 액세스 포인트가 주빔 생성을 위한 가중치 벡터를 적용하여 단말기가 수신한 신호를 하기의 수학식 5에 나타내었다.

*수학식 5*

<50> $$y(m) = \mathbf{hw}s(m) + n(m)$$

<51> 상기 y(m)은 상기 액세스 포인트가 가중치 벡터를 적용하여 임의의 시간 즉, m 시간에 단말기가 수신한 신호이

다. 그리고 상기 s(m)은 상기 액세스 포인트가 상기 m 시간에 송신한 신호이며, 상기 n(m)은 상기 m 시간에 송신한 신호에 대한 잡음이다. 상기 h는 채널 벡터이고, 상기 w는 주빔 형성을 위한 가중치 벡터이다.

<52> 상기 수학식 5에 상기 수학식 1과 수학식 3을 대입하여 하기의 수학식 6으로 나타낼 수 있다.

*수학식 6*

<53> $$y(m) = gs(m) + n(m)$$

<54> 여기서 상기 수학식 6은 주빔 형성에 의한 신호를 액세스 포인트가 송신한 경우 단말기에서의 수신 신호들을 나타낸다. 따라서 상기 수학식 6에 나타나 있듯이 주빔을 형성하여 단말기가 수신한 신호는 이득 g을 얻는다.

<55> 본 발명에서 주빔과 보완빔의 가중치 벡터를 포함한 전체적인 빔 형성 가중치 벡터는 하기의 수학식 7에 나타내었다.

*수학식 7*

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_{main} + \mathbf{W}^{C}$$

$$\mathbf{W}_{main} = [\mathbf{w}_{main,1} \quad \mathbf{w}_{main,2} \quad \cdots \quad \mathbf{w}_{main,K}]$$

$$\mathbf{W}^{C} = \left[\mathbf{w}_{1}^{C} \quad \mathbf{w}_{2}^{C} \quad \cdots \quad \mathbf{w}_{N-K}^{C}\right]$$

<56>

<57> 상기 $\mathbf{W}_{main}$는 주빔 형성을 위한 가중치 행렬이며, $\mathbf{W}^{C}$는 보완빔 형성을 위한 가중치 행렬이다.

<58> 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 상기 주빔의 가중치 벡터, $\mathbf{W}_{main}$을 사용하여 상기 주빔과 직교하는 가중치 벡터를 생성한다. 이때 생성된 가중치 벡터가 본 발명의 보완빔에 적용되는 가중치 벡터이다.

<59> 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 상기 수학식 1에 나타난 바와 같이 배열응답벡터를 사용하여 주빔의 가중치 벡터를 획득할 수 있다. 이때 상기 주빔의 가중치 벡터를 연산하는 방법은 예를 들어, 최소 분산 비왜곡 응답(MVDR: Minimum Variance Distrotionless Response) 기법 또는 컨벤셔널 빔포밍(CB: Conventional-Beamforming) 기법 등을 사용할 수 있으며, 상기 주빔의 가중치 벡터는 상기한 기법들 이외에도 주빔의 가중치 벡터를 획득하는 다른 기법들을 사용하여 획득하는 것도 얼마든지 가능하다.

<60> 한편, 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 보완빔의 가중치 벡터를 획득하기 위해서 본 발명에서는 그람-슈미츠 직교화(Gram-Schmidt orthogonalization) 기법을 사용한다.

<61> 본 발명의 상기 액세스 포인트는 적어도 하나의 주빔을 생성하는 것이 가능하며, 상기 각 주빔에 따라 가중치 벡터를 생성한다. 따라서 상기 주빔의 개수를 K라 가정하면, 상기 주빔의 가중치 벡터는 K개가 생성된다.

<62> 따라서 상기 보완빔의 가중치 벡터의 개수는 하기의 수학식 8에 나타내었다.

*수학식 8*

<63> $$L = N - K$$

<64> 상기 L은 상기 보완빔의 가중치 벡터의 개수이고, 상기 N은 선형 배열 안테나의 개수이고, 상기 K는 상기 주빔의 가중치 벡터의 개수이다. 여기서 상기 K는 주빔의 개수가 될 수도 있으며, 이는 상기 주빔마다 각각 가중치 벡터를 획득하기 때문이다. 따라서 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 적어도 하나의 주빔에 상응하는 주빔의 가중치 벡터를 획득하고, 상기 가중치 벡터와 직교하는 보완빔의 가중치 벡터를 생성하는 것이 가능하다.

<65> 우선 상기 그람 슈미츠 직교화 방법을 사용하기 위한 N-K개의 선형 독립 벡터를 하기의 수학식 9에 나타내었다.

*수학식 9*

$$v_i = [w_1(\theta_1) \cdots w_i(\theta_1)+\alpha \cdots w_M(\theta_1)]^T \ , \ (i=K+1 \ldots N)$$

<66>

<67> 여기서 상기 $\alpha$는 임의의 상수이다. 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 상기 그람-슈미츠 직교화 기법을 적용하기 위해서 각 주빔에 상응하는 주빔의 가중치 벡터들 중 첫 번째 주빔에 상응하는 가중치 벡터를 기준 벡터로 설정하면, $w_1^C = w_{main,1}$ 이 된다. 다시 말해, 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 상기 기준 벡터를 주빔의 가중치 벡터 즉, K개의 주빔 형성을 위한 K개의 가중치 벡터중 첫 번째 가중치 벡터로 설정한다. 상기 기준 벡터에 직교하는 직교 벡터를 획득하는 수학식은 하기의 수학식 10에 나타내었다.

*수학식 10*

$$\mathbf{u}_i = \mathbf{v}_i - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{(\mathbf{u}_j)^H \mathbf{v}_i}{(\mathbf{u}_j)^H \mathbf{u}_j} \cdot \mathbf{u}_j \ , \quad (i = 2 \ldots N)$$

<68>

<69> 상기 $v_i$는 상기 수학식 10에서 생성한 N x 1 크기의 선형독립 벡터이고, "′"는 순차적으로 생성되는 N x 1 크기의 직교 벡터이다.

<70> 상기 수학식 10을 사용하여 순차적으로 직교 벡터들을 획득할 수 있으며, 여기서 획득한 직교 벡터들을 정규화하여 N-K개의 직교빔 형성을 위한 N-K개의 직교 가중치 벡터를 구한다. 상기 정규화를 수행한 후의 직교 벡터는 하기의 수학식 10에 나타내었다.

*수학식 11*

$$\mathbf{w}_i^C = \frac{\mathbf{u}_i}{\|\mathbf{u}_i\|} \ , \quad (i = K+1 \ldots N)$$

<71>

<72> 상기 정규화를 통해서 획득한 수학식 11을 사용하여 획득한 직교 벡터들을 추가한 빔형성 행렬은 하기의 수학식 12에 나타내었다.

*수학식 12*

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_{\text{main}} + \mathbf{W}^C = \left[ \mathbf{w}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{w}_K \ \mathbf{w}_{K+1}^C \quad \cdots \quad \mathbf{w}_N^C \right]$$

<73>

<74> 상기 수학식 12는 상기 획득한 직교벡터들을 N x N의 정방행렬(squre matrix)로 확장한 것이다. 상기한 수학식 11의 빔 형성 행렬을 사용하여 빔을 형성하여 전방향(omnidirection) 방사 패턴을 갖도록 보완빔을 형성할 수 있다.

<75> 상기한 바와 같이 상기 가중치 벡터 처리부(311)는 N개의 주빔의 가중치 벡터를 사용하여 N-K개의 보완빔 형성을 위한 가중치 벡터를 획득한다.

<76> 한편, 상기 제 1 곱셈기(313)는 상기 액세스 포인트에서 단말기들에게 송신할 신호, $\mathbf{s}$를 입력받고, 상기 가중치 벡터 처리부(311)에서 출력된 주빔 형성을 위한 가중치 벡터, $\mathbf{w}_{main}$을 입력받는다. 다음으로, 상기 제 1 곱셈기

(313)는 상기 송신 신호에 가중치 벡터를 곱하여 상기 전력 할당부(317)로 출력한다.

<77> 상기 제 2 곱셈기(315)는 상기 보완빔 형성을 위한 임의의 신호 $\mathbf{s}^C$를 입력받고, 상기 가중치 벡터 처리부(311)에서 출력된 보완빔 형성을 위한 가중치 벡터 $\mathbf{w}^C$를 입력받는다. 여기서 상기 $\mathbf{s}^C$는 상기 보완빔 형성을 위해서 임의로 송신하는 신호로서 미리 설정된 임의의 신호이다. 다음으로, 상기 제 2 곱셈기(315)는 상기 임의의 송신 신호에 보완빔 형성을 위한 가중치 벡터를 곱하여 상기 전력 할당부(317)로 출력한다.

<78> 상기 전력 할당부(317)는 상기 제 1 곱셈기(313)과 상기 제 2 곱셈기(315)의 각 출력 신호를 입력받으며, 상기 제 1 곱셈기(313)과 상기 제 2 곱셈기(315)의 출력 신호에 전력을 할당한다. 상기 보완빔을 형성하기 위해서는 상기 보완빔은 잡음신호의 전력 준위보다 높은 전력 준위를 필요로 하며, 상기 전력 할당부(317)는 상기 보완빔에 전력을 할당하여 잡음 신호의 전력 준위보다 높은 전력 준위를 갖도록 한다. 상기 전력 할당부(317)는 보완빔을 생성하기 위한 별도의 전력 추가 없이 기존의 주빔에 할당하던 전력의 일부를 상기 보완빔에 할당하여 보완빔을 생성한다.

<79> 일반적으로 상기 보완빔의 전력 준위는 일반적인 송신 신호보다 낮은 빔 형성 전력 준위를 가져야하며, 주빔이 최대의 이득을 얻기 위해서 보완빔은 반송파 에너지 측정이 가능한 최소의 전력으로 형성하여야 한다. 이를 위해서 각 빔 형성 벡터들의 전력제어가 필요하다. 상기 전력 할당부(317)는 전체 송신 전력을 각 빔에 할당하며, 이것을 하기의 수학식 13에 나타내었다.

*수학식 13*

$$P_{tot} = P_{main}\mathbf{W}_{\text{main}} + P^C\mathbf{W}^C$$
$$= (1-\varepsilon)P_{tot}\mathbf{W}_{\text{main}} + \varepsilon P_{tot}\mathbf{W}^C$$

<80>

<81> 전체 전력 $P_{tot}$은 주빔과 보완빔에 나누어 할당하며, 보완빔의 전력 준위 $P^C$와 주빔의 전력 준위 $P_{main}$이 나타나 있다. 이에 상기 전체 빔에 할당된 전력을 1로 정규화하면, 상기 보완빔에 할당된 전력을 $\varepsilon P_{tot}$이고, 주빔에 할당되는 전력은 $(1-\varepsilon)P_{tot}$ 이 된다.

<82> 상기 전력 할당부(317)는 주빔과 보완빔의 전력 준위를 각각 제어하여 상기 혼합기(319)로 출력한다.

<83> 상기 혼합기(319)는 상기 전력 할당부에서 출력된 신호들을 혼합하고, 상기 혼합된 신호를 상기 송신부(321)로 출력한다.

<84> 상기 송신부(317)는 상기 혼합기의 출력 신호를 변조, 무선 신호로의 상향 변환 등과 같은 무선 처리를 수행한 후 안테나를 통해 송신하여 빔을 형성한다.

<85> 상기 액세스 포인트가 출력하는 신호 $\tilde{\mathbf{s}}$는 하기의 수학식 14에 나타내었다.

*수학식 14*

$$\tilde{\mathbf{s}}(m) = \mathbf{W}_{main}\mathbf{s}(m) + \mathbf{W}^C\mathbf{s}^C(m)$$

<86>

<87> 임의의 시점 m에서 상기 액세스 포인트의 출력 신호는 액세스 포인트의 송신 신호s(m)과 보완빔 형성을 위한 신호 $s^c(m)$에 가중치 벡터들($\mathbf{W}_{main}$, $\mathbf{W}^C$)이 적용되어 송신되어 상기 도 2에서 나타난 바와 같은 빔 패턴을 형성한다.

<88> 다음으로 보완빔을 생성하는 액세스 포인트의 동작을 하기에 도 4를 참조하여 설명하기로 한다.

<89> 상기 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 빔 형성 방법을 개략적으로 도시한 도면이다.

<90> 상기 도 4를 참조하면, 411단계에서 상기 액세스 포인트는 제 1 가중치 벡터를 획득하고 413단계로 진행한다. 여기서, 상기 제 1 가중치 벡터는 주빔을 형성하기 위한 가중치 벡터로서 배열응답벡터를 사용하여 획득할 수

있다.

<91> 상기 413단계에서 상기 액세스 포인트는 상기 제 1 가중치 벡터를 사용하여 상기 제 1 가중치 벡터와 직교하는 제 2 가중치 벡터를 생성하고 415단계로 진행한다. 여기서, 상기 제 2 가중치 벡터는 보완빔을 생성하기 위한 가중치 벡터이며, 상기 제 2 가중치 벡터는 그람-슈미츠 직교화 기법을 사용하여 생성된 벡터이다. 상기 그람-슈미츠 직교화 기법을 사용하여 제 2 가중치 벡터를 생성하는 것은 상기 도 3에서 설명하였으므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

<92> 상기 415단계에서 상기 액세스 포인트는 상기 제 2 가중치 벡터를 임의의 송신 신호에 적용하고 417단계로 진행한다. 상기 임의의 송신 신호는 상기 보완빔 생성을 위해 사용하는 임의의 송신 신호이다. 따라서 상기 임의의 송신 신호는 특정 신호로 한정되지 않으며, 보완빔을 형성하기 위해서 상기 액세스 포인트에서 송신하는 신호이다. 따라서 상기 임의의 신호는 보완빔 형성을 위한 특정 정보를 포함하나 상기 정보는 보완빔 형성을 위해 송신되는 신호로서 의미가 없는 정보를 포함한다.

<93> 상기 417단계에서 상기 액세스 포인트는 제 2 가중치 벡터를 적용한 상기 송신 신호에 빔 형성을 위한 전력을 할당하고 419단계로 진행한다. 상기 전력을 할당하는 경우에는 상기 보완빔의 전력 준위가 잡음 신호의 전력 준위보다 높은 전력 준위를 갖도록 전력을 할당한다. 예를 들어, 보완빔의 전력 준위는 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)가 -20dB의 값을 갖는 경우 음영 지역에서도 상기 액세스 포인트의 채널이 사용 중임을 판단할 수 있다. 이때 상기 수학식 12에서 $\epsilon$은 0.01 정도의 값을 가지며, 전체 빔의 송신 전력이 1이라고 하면 1% 정도의 크기를 갖는다. 다시 말해, 전체 빔의 송신 전력에서 99%는 주빔에 할당하고, 1%는 보완빔에 할당하여도 상기 액세스 포인트에서 발생하는 음영지역을 제거할 수 있다.

<94> 상기 419단계에서 상기 액세스 포인트는 상기 제 2 가중치 벡터를 할당한 신호를 전송하여 보완빔을 형성한다. 이때 생성된 보완빔은 상기 제 1 가중치 벡터와 직교하는 제 2 가중치 벡터를 사용함으로 인해서 주빔을 제외한 지역에 균일한 방사 패턴, 다시 말해 전방향 방사 패턴을 갖는 보완빔을 형성한다.

<95> 상기에 설명한 바와 같이 상기 제 1 가중치 벡터의 개수는 복수개가 될 수 있으며, 상기 제 2 가중치 벡터는 상기 제 1 가중치 벡터의 개수를 고려하여 생성한다. 상기 액세스 포인트는 상기 액세스 포인트에서 사용하는 선형 배열 안테나의 개수에서 상기 제 1 가중치 벡터의 개수와의 차이에 해당하는 개수로 생성한다.

<96> 그러면 하기에 도 5를 참조하여 본 발명에 따른 빔 패턴을 살펴보기로 한다.

<97> 상기 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 빔 패턴을 개략적으로 도시한 그래프이다.

<98> 상기 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 보완빔을 형성하여 빔 패턴을 도시하였으며, 상기 보완빔 형성을 위해서 본 발명에서는 다중 대역 직교 주파수 분할 다중 접속 규약(MBOA: Multi-Band OFDM Alliance) 환경의 제 1 대역인 3.1-3628GHz에서 실험하였으며, 상기 직교 주파수 분할 다중 접속(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 포인트 수는 128을 사용하여 획득한 그래프이다. 상기 그래프의 세로축은 전력(dB)을 나타내며, 가로축은 방위각(azimuth)를 나타낸다.

<99> 상기 도 5의 (a)에서는 송신 안테나의 수가 4개이며, 1개의 주빔을 형성한 경우를 나타내었다. 그리고 (b)에서는 송신 안테나의 수가 16개이며, 3개의 주빔을 형성한 경우를 나타내었다. 상기 주빔의 형성 방법은 컨벤셔널 빔 포밍(Conventional Beamforming) 방식을 사용하였으며, 충분한 깊이를 획득하기 위해서 해밍 윈도우(hamming window)를 사용한다. 그리고 상기 보완빔의 전력 준위는 -20dB 즉, 전체 송신 전력의 1%($\epsilon$ = 0.01)로 가정하였다.

<100> 상기 (a)에서 실선은 주빔과 보완빔의 전력 준위의 합으로 전체빔의 전력 준위를 나타낸다. 그리고 상기 점선은 보완빔의 전력 준위를, 그리고 점실선은 주빔의 전력 준위를 나타낸다. 상기 도면에 나타난 바와 같이 주빔에서 손실된 전력 준위는 보완빔을 형성하지 않은 경우의 주빔과 비교하였을 때, 주빔의 형성 지역인 30도에서 큰 차이가 나지 않는 것을 알 수 있다.

<101> 또한, 상기 주빔이 형성되는 지역에서는 보완빔에 의한 간섭이 일어나지 않는 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명에서는 상기한 바와 같이 보완빔을 형성하여 음영지역의 단말기들은 보완빔의 전력을 감지하여 채널의 사용유무를 확인하고, 이로 인해 데이터의 전송을 시도하지 않음으로서 단말기의 전력 소모를 감소하는 것이 가능하다.

<102> 상기 (b)에서는 송신 안테나의 개수를 16개를 사용하였으며, 3개의 주빔을 형성한 경우이다. 주빔의 각도는 -50도, 10도 그리고 50도이다. 이때 보완빔의 전력 준위는 상기 (a)에서와 같이 -20dB이다. 따라서, 주빔의 전력

손실은 보완빔을 형성하지 않은 경우와 거의 차이가 나지 않음을 확인할 수 있다. 여기서도 상기 보완빔은 주빔 지역에서 보완빔에 의한 간섭은 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다.

<103> 본 발명에서는 적어도 하나의 주빔을 형성하여 적어도 하나 이상의 단말기와 통신하는 액세스 포인트에서 상기 주빔과 직교하는 보완빔을 형성하여 상기 액세스 포인트의 음영지역을 제거하여, 상기 액세스 포인트와의 통신 여부를 단말기가 정확히 판단하는 것이 가능하다.

<104> 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 발명의 효과

<105> 상술한 바와 같은 본 발명은, 무선 통신 네트워크에서 본 발명은 주빔과 직교성을 가짐으로 인해 주빔 지역을 제외한 지역에 전방향 방사 패턴을 갖는 보완빔을 생성한다. 따라서 본 발명의 무선 통신 네트워크에서는 음영지역을 제거하는 것이 가능하다는 이점을 갖는다. 그리고, 상기 단말기가 액세스 포인트로의 데이터 전송을 위해서 불필요한 전력 소비를 하지 않는다는 이점을 가지며, 액세스 포인트에서의 충돌 또한 감소하는 것이 가능하다는 이점을 갖는다. 이와 같이 본 발명에서 보완빔을 사용함으로서 무선 통신 네트워크 전체 시스템 성능을 향상하는 것이 가능하다는 이점을 갖는다.

## 도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 일반적인 빔 형성 기법을 적용한 무선 통신 네트워크의 구조를 개략적으로 도시한 도면,

<2> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 빔 형성 기법을 적용한 무선 통신 네트워크의 구조를 개략적으로 도시한 도면,

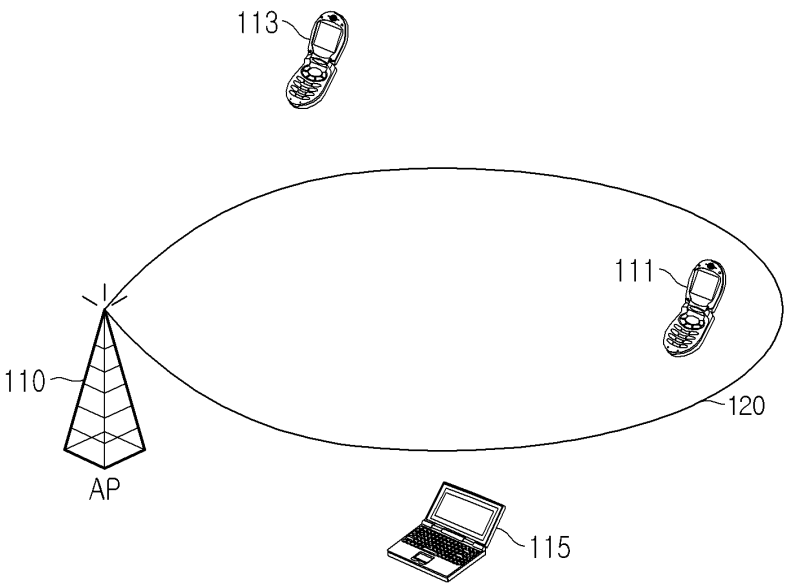
<3> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 빔 형성 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면,

<4> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 빔 형성 방법을 개략적으로 도시한 순서도,

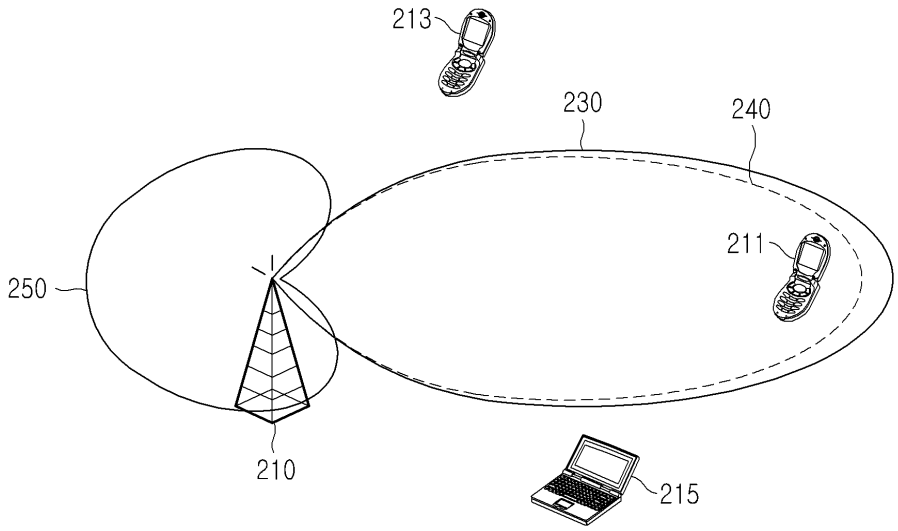
<5> 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 빔 패턴을 개략적으로 도시한 그래프.

## 도면

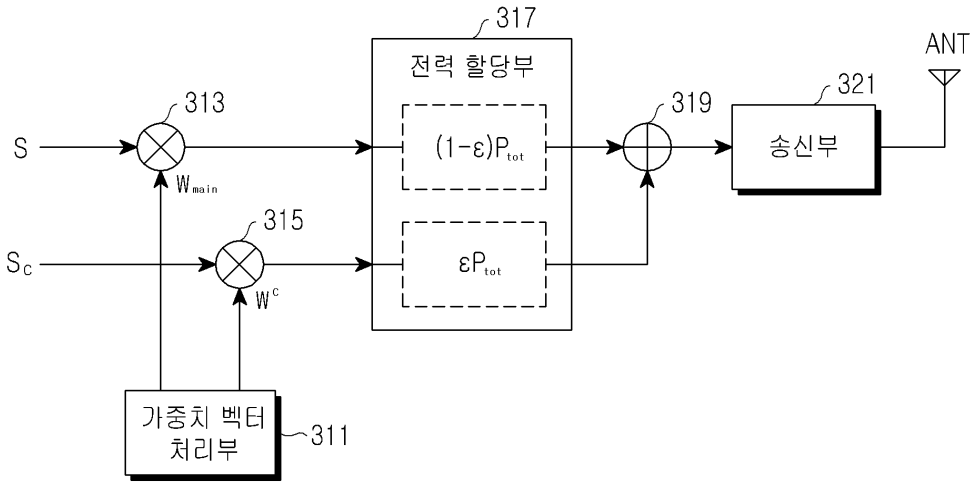
### 도면1



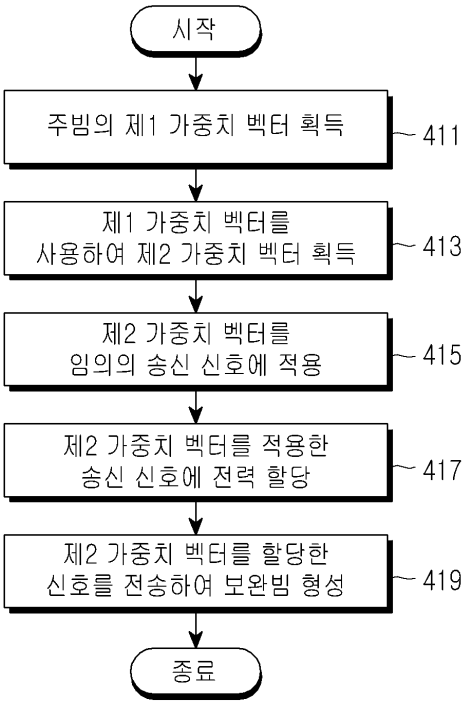
도면2


213
230
240
211
250
210
215

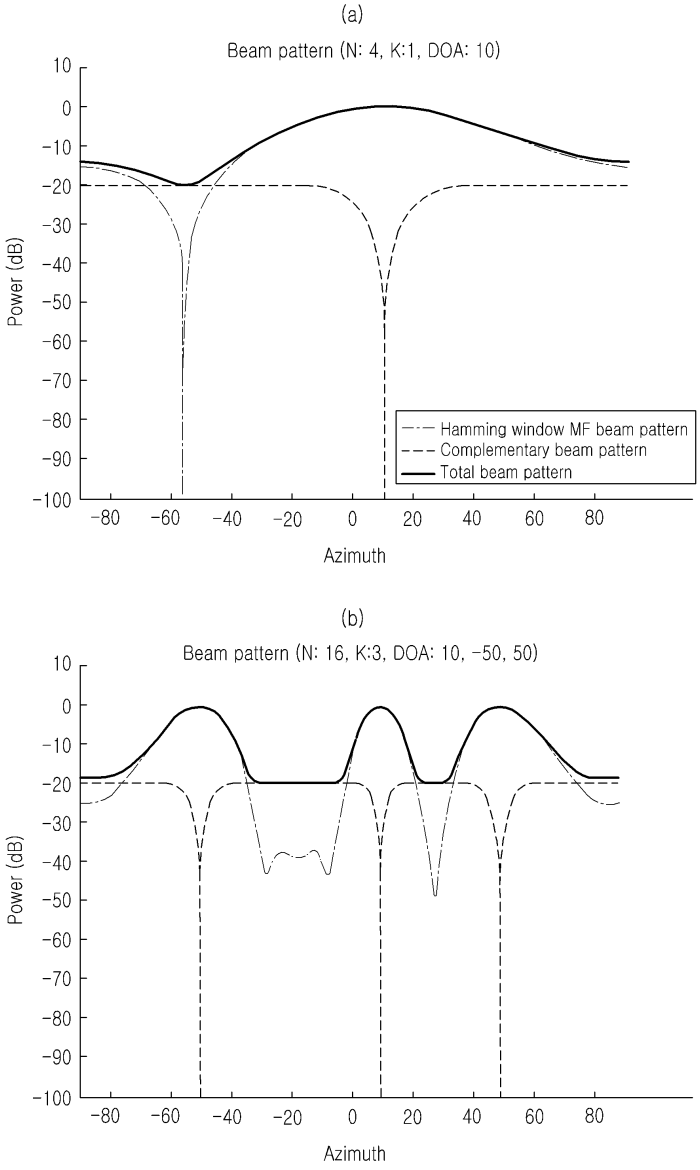
도면3


317
전력 할당부
ANT
313
319
321
S
(1-ε)Ptot
송신부
Wmain
315
Sc
εPtot
Wc
가중치 벡터
처리부
311

도면4


시작
주빔의 제1 가중치 벡터 획득
411
제1 가중치 벡터를
사용하여 제2 가중치 벡터 획득
413
제2 가중치 벡터를
임의의 송신 신호에 적용
415
제2 가중치 벡터를 적용한
송신 신호에 전력 할당
417
제2 가중치 벡터를 할당한
신호를 전송하여 보완빔 형성
419
종료

도면5


(a)
Beam pattern (N: 4, K:1, DOA: 10)
Power (dB)
Azimuth
Hamming window MF beam pattern
Complementary beam pattern
Total beam pattern
(b)
Beam pattern (N: 16, K:3, DOA: 10, -50, 50)
Power (dB)
Azimuth